

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Elintarviketekniikka

2015

Essi Karvinen

PAINOVÄRIEN JA FILMIMATERIAALIEN VAIKUTUS FILMIMATERIAALIEN VÄLISEEN LAMINOINTILUJUUTEEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Essi Karvinen

PAINOVÄRIEN JA FILMIMATERIAALIEN VAIKUTUS FILMIMATERIAALIEN VÄLISEEN LAMINOINTILUJUUTEEN

Työn tarkoituksena oli perehtyä Amcor Flexibles Finland Kauttua-nimisen yksikön valmistamien joustopakkausmateriaalien laminointilujuuteen vaikuttaviin tekijöihin ja määrittää seurannan avulla vaihtelun suuruutta eri ajojen välillä. Tarkemmin keskityttiin erityisesti filmimateriaalien, painovärien ja olosuhteiden vaikutukseen laminointilujuudessa.

Työn tutkimusosa ja mittausdatan keräys suoritettiin kolme kuukautta kestävän seurantajakson aikana, jolloin suoritettiin viiden vuorokauden laminointilujuusmallien mittaus, arviointi ja dokumentointi Amcorin laadunvalvontalaboratoriossa.

Mahdollista mittaajista aiheutuvaa mittavirhettä pyrittiin vähentämään opinnäytetyöseurantajakson aikana siten, että yksi ihminen suoritti kaikki mittaukset.

Lisäksi seurantajakson aikana suoritettiin erillisenä kokeena olosuhdekaappikoe liiman reagoimisolosuhteiden vaikutuksesta laminointilujuuteen.

Seurannan tulokset osoittivat eri kaupanimen omaavien materiaalien vaikuttavan laminointilujuuseroihin yhdessä painovärien kanssa eniten tutkituista kohteista.

Kolmen kuukauden pituisen seurantajakson katsottiin olevan vähimmäispituus, jotta saatiin kerättyä vaadittu määrä dataa tulkintaa varten eri materiaalien suhteen. Lämpö- ja kosteusolosuhteiden osalta vuoden kestävä jakso antaisi kuitenkin kattavammat tulokset Suomen vuodenaikojen aiheuttaman vaihtelun vuoksi.

ASIASANAT: laminointilujuus, adheesio, laminointiliima, joustopakkaus, polymeerit, painovärit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Food Technology

2015 | pages 63

Mika Jokinen, Principal Lecturer; Hanna Hyörä Laboratory Manager

Essi Karvinen

EFFECT OF PRINTING INKS AND FILM MATERIALS ON FILM LAMINATION STRENGTH

The objective of this thesis was to study the lamination strength of flexible packing materials and factors that affect it. A further objective was to determine the variation between production runs by monitoring. More specifically, the focus was on the effect of film materials, printing inks and temperature and moisture conditions on lamination strength. The case company was Amcor Flexibles Kauttua.

The theoretical study and data acquisition were accomplished during a three-month monitoring period. Lamination strength samples were measured, estimated and documented in the quality control laboratory at Amcor.

Potential measuring error was minimized by having only one person perform all the measuring.

A separate experiment was conducted to investigate how climate conditions affect the reaction time of the lamination adhesive.

The factor affecting lamination strength the most was printing ink and the combined effect of different material suppliers' materials.

However, the three-month monitoring period was considered to be the minimum to obtain enough measuring data on different material combinations. A year-long period would give more comprehensive results because of the seasonal weather changes in Finland.

KEYWORDS:

lamination strength, adhesion, lamination adhesive, flexible packing, polymers, printing inks

SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)	7
1 JOHDANTO	9
1.2 AMCOR FLEXIBLES FINLAND Kauttua OY	9
1.3 Opinnäytetyön tarkoitus	10
2 PAKKAUS	11
2.1 Pakkauksen merkitys	11
2.2 Pakkaustyytit ja suojavaatimukset elintarvikkeille	12
2.3 Joustopakkaus	13
3 PAINATUS- JA LAMINOINTIPROSESSIT	14
3.1 Laminointi	14
3.1.1 Laminointimenetelmät	14
3.1.2 Märkälaminointi	15
3.1.3 Kuivalaminointi	16
3.1.4 Liotinainevapaa ja liotinainepitoinen laminointi	16
3.2 Painatus	17
3.2.1 Syväpainomenetelmä	17
4. MATERIAALIT	20
4.1 Painovärit	20
4.1.2 Painovärien valmistus	21
4.1.3 Syväpainovärit	22
4.2 Liimat	23
4.2.1 Adheesio	24
4.3 Painomateriaalit	24
4.3.1 Muovien luokittelu	24
4.3.2 Polyeteeni	26
4.3.3 Polypropeeni (PP)	28
4.3.4 Polyetyleenitereftalaatti (PET)	28
4.3.5 Polyamidi (PA)	29
4.3.6 Ionomeerit	30
4.3.7 Sellofaani	31

4.3.8 Alumiinifolio	31
4.3.9 Metallointi alumiinilla	31
4.3.10 Paperit	32
4.4 Filmien mitattavat ominaisuudet, pintakäsittelymenetelmät ja lisäaineet	32
4.4.1 Pintakäsittelymenetelmät ja lisäaineet	32
4.4.2 Filmien mitattavia ominaisuuksia	35

5 LAMINOINTILUJUUS JA MITTAUKSEN SUORITUS AMCOR FLEXIBLES

KAUTTUALLA	37
5.1 Yleistä laminointilujuudesta	37
5.2 Näytteenotto	37
5.3 Mittauksen suoritus	38
5.4 Mittaustuloksen tulkinta	40
5.5 Seurantaan kuuluneet koneet	41

6 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS LAMINOINTILUJUUTEEN

6.1 Mittauksen suoritus	42
6.2 Tulokset olosuhteiden vaikutuksesta laminointilujuuteen	42
6.3 Päätelmät	45

7 TULOSTEN TULKINTA

8 PÄÄTELMÄT

LÄHTEET

KUVAT

Kuva 1. Amcorin logo	9
Kuva 2. Amcorin Kauttuan tehdas	9
Kuva 3. Esimerkki joustopakkausmateriaalista	13
Kuva 4. Märkälaminointiprosessin toimintaperiaate	15
Kuva 5. Liotinainepitoisen kuivalaminoinnin toimintaperiaate	16
Kuva 6. Syväpainon toimintaperiaate	18
Kuva 7. Muovien luokitus	25
Kuva 8. Eteenin rakennekaava	27
Kuva 9. Polyeteenin rakennekaava	27
Kuva 10. Polyetyleenitereftalaatin rakennekaava	29
Kuva 11. Surlynin rakennekaavio	30
Kuva 12. Näyte	38

Kuva 13. Vetolujuuslaite Zwick Roell	39
Kuva 14. Vetolujuuslaitteen leuat Zwick Roell	39

TAULUKOT

Taulukko 1. Laminointiluujuuksien havaintokoodit	40
Taulukko 2. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset olosuhdekaappinäytteille	43
Taulukko 3. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset laadunvalvonnan näytteille	44
Taulukko 4. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset huputetuille tuotannon näytteille	44
Taulukko 5. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset huputtamattomille tuotannon näytteille	44
Taulukko 6. Laminointilujuusmittaustulokset 30 vrk:n jälkeen laminoinnista	45
Taulukko 7. Kokeellisen osan ainekoodit ja materiaalit	47

KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
PET	Polyetyleenitereftalaatti (s.15,26,29,30,32,47,48,49,52,53)
AL	Alumiini (s.15,48,49,50,51)
PE	Polyeteeni (s.15,26,27,28,48,52)
NC	Nitroselluloosa (s.21)
PVB	Polyvinyylibutyaali (s.21)
PEI	Polyeetteriimidi (s.26)
LCP	Nestekidemuovit (s.28)
HD	Korkeatiheyksinen (s.28)
LD	Matalatiheyksinen (s.28)
LLD-PE	Lineaarisesti matalatiheyksinen polyeteeni (s.28)
HD-PE	Korkeatiheyksinen polyeteeni (s.28)
LD-PE	Matalatiheyksinen polyeteeni (s.28)
PP	Polypropeeni (s.29,47,52)
BOPP	Biaksiaalisesti orientoitu polypropeeni (s.29)
cPP	Orientoimaton polypropeeni (s.29)
PA	Polyamidi (s.30,48)
MG	Koneellisesti kiillotettu (s.32,33)
UG	Kiillottamaton (s.32,33)
SC	Superkalanteroitu (s.32,33)
MF	Koneellisesti viimeistelty (s.32,33)
PVC	Polyvinyylikloridi (s.36)

OPA	orientoitu polyamidi (s.44,48,51)
OPM2	matta, orientoitu polypropeeni (s.47,51)
MPET	metalloitu polyetyleenitereftalaatti (s.47,51,53,56)
OPP	orientoitu polypropeeni (s.47)
OPP1	orientoitu polypropeeni, toinen puoli koronakäsitelty (s.47,51,56,57)
PET1	kirkas koronakäsitelty polyetyleenitereftalaattikalvo (s.47,48,56)
Y925	metalloitu polypropeeni (s.47,54)
PET2	akryylikäsitelty kirkas polyetyleenitereftalaattikalvo (s.47,49,53,54,55)
MPT2	metalloitu, painopuolelta akryylikäsitelty polyetyleenitereftalaatti (s.47)
MPT3	akryylikäsitellyltä puolelta metalloitu polyetyleenitereftalaatti (s.47)
OPA1	orientoitu polyamidi (s.48,49,50,51)
PEP	polyeteeni-eVOH(ethylene vinyl alcohol)-polyeteeni (s.48)
YJ03	valkoinen polyeteeni-eVOH-polyeteeni, antiblokkausaine, antistaattiaine (s.48,55)
VPP1	vaahdotettu polypropeeni (s.42,47,57)
PPP2	polypropeeni (s.42,47,57)
MPP2	Metalloitu, orientoitu polypropeeni (s.46)
MPP3	Metalloitu, orientoitu polypropeeni (s.46)

1 JOHDANTO

1.2 AMCOR FLEXIBLES FINLAND Kauttua OY

Amcor Flexibles Kauttua on Kauttualla sijaitseva muovialan yritys, joka valmistaa joustopakkausmateriaaleja pääasiassa elintarvike- ja lääketeollisuuden jatkokäyttöön.



Kuva 1. Amcorin logo¹

Amcorin Kauttuan tehdas on yritysmuodoltaan osakeyhtiö ja se kuuluu osaksi maailmanlaajuisesti toimivaa Amcor Flexibles – pakkausryhmää, jonka emoyhtiönä toimii Australiassa sijaitseva pörssiyhtiö Amcor Ltd. Amcorin tehtaita sijaitsee 43 eri maassa ja se työllistää noin 27 000 henkilöä maailmanlaajuisesti. Yhtiön logo on kuvassa 1. Kauttuan toimipiste on toinen Suomen kahdesta Amcorin tehtaasta ja se työllistää noin 150 henkilöä. Toinen Suomen Amcorin tehtaista sijaitsee Lieksassa. Kauttuan tehdas on alla olevassa kuvassa (kuva 2).



Kuva 2. Amcorin Kauttuan tehdas²

Kauttuan tehtaan tuotannonprosesseihin kuuluvat syväpaino, ekstruusio eli suulakepuristuslaminointi, päällystys muovilla tai lakalla, laminointi sekä pituusleikkaus.³

1.3 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä kolme kuukautta kestävästä seurantaajakson aikana laminointilujuusmittaustuloksia kolmen eri laminaattorin ajamista laminaateista ja selvittää mahdollisia eroja tuloksien ja ajojen välillä. Pää tarkastelukohteiksi valikoituivat painovärit, filmimateriaalit ja lämpö-/kosteusolosuhteet laminointiliiman kuivumisen aikana.

Yrityksen valmistamat joustopakkausmateriaalit koostuvat useista eri materiaalikerroksista ja erityisesti painovärin sisältävän materiaalivälin laminointilujuudessa esiintyy usein merkittäviä vaihteluita. Laminointilujuus on oleellinen osa pakkauksen valmistusta sekä toimivuutta sen tulevassa käyttötarkoituksessa, ja sen vuoksi koettiin tarpeelliseksi tutkia eroja pidemmällä ajanjaksolla.

2 PAKKAUS

2.1 Pakkauksen merkitys

Pakkauksen tehtävänä on suojella pakattavaa tuotetta säilytyksen, kuljetuksen ja ympäristön vaikutuksilta tuotteen elinkaaren aikana. Pakkaus mahdollistaa myös lainvelvoittamien pakkausmerkintöjen ilmoittamisen tuotteen yhteydessä lisäten näin tuoteturvallisuutta.

Pakkaus suojelee tuotetta kuljetuksen aiheuttamilta vahingoilta ja estää mahdollisen kosteuden, lämmön tai valon aiheuttamat epätoivotut muutokset pakatussa materiaalissa ja turvaa tuotteen laadun säilymisen moitteettomana tuotantoketjun alusta loppuun aina kuluttajalle saakka. Tuotteen suojauksessa ja pakkaussuunnittelussa on otettava huomioon tuotetta vahingoittavat biokemialliset, mikrobiologiset, fysikaaliset, kemialliset, biologiset ja mekaaniset tekijät. Nämä tekijät voidaan jaotella edelleen sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin.⁴

Biokemialliset tekijät aiheutuvat entsyymaattisista reaktioista, joita ilmenee kaikissa elävissä soluissa esim. pakattavissa tuotteissa, kuten hedelmät ja liha. Entsyymit toimivat katalyytteina nopeuttaen kemiallisia reaktioita. Entsyymien inaktivoinnin avulla voidaan pysäyttää solujen aktiivisuus, kuten soluhengitys, ja näin ollen hidastaa tuotteen pilaantumista ja parantaa säilyvyyttä. Pakkauksen avulla biokemiallista pilaantumista voidaan hidastaa esimerkiksi muuntamalla pakkauksen sisällä olevan ilman koostumusta. Pakkauksen sisällä olevien kaasusuhteiden muutos taas vaatii pakkaukselta ilmatiiviyttä ja tiettyjä läpäisyominaisuuksia, jotka on otettava huomioon pakkausmateriaalia suunniteltaessa.

Kemiallisista tekijöistä suurimman ongelman aiheuttaa hapettuminen. Esimerkiksi kahvi hapettuu herkästi joutuessaan tekemisiin ilman kanssa, jolloin sen maku muuttuu. Hapettuminen voidaan estää valmistamalla pakkaus, joka on ilmatiivis.

Elintarvikkeita pilaavista fysikaalisista tekijöistä merkittävimmäksi voidaan sanoa solukalvon rikkoutumista, joka johtaa biokemiallisiin reaktioihin hajonneen solukon muuttuessa mikrobien ravinnoksi entsyymien vaikutuksesta. Pakkaus voidaan suunnitella sellaiseksi, että se suojaa tuotetta, esimerkiksi pehmeäpintaista herkästi pilaantuvaa hedelmää kolhiutumiselta ja samalla kuitenkin mahdollistaa soluhengityksen.

Biologisen riskin aiheuttavat hyönteiset ja tuhoeläimet. Pakattavaa tuotetta voidaan suojella valitsemalla pakkaukseen sellainen materiaali, jota tuhoeläin ei pysty läpäisemään. Lisäksi pakattavat tuotteet on säilytettävä puhtaissa ja suljetuissa tiloissa, jonne tuhoeläinten pääsy on minimoitu. Muita keinoja ovat esimerkiksi säteilyttäminen, jolla voidaan tuhota mahdolliset mikrobit (mausteet) tai kaasuttaminen tuhoeläinten suhteen.

Mekaaniset tekijät aiheutuvat ulkopuolisista lähteistä ja useimmiten riski niiden muodostumiseen kasvaa erityisesti kuljetuksen aikana. Esimerkkejä mekaanisista tekijöistä ovat hankautuminen pakkauslinjastolla tai ruhjoutuminen autokuljetuksen aikana. Mekaaniset riskit voidaan jakaa dynaamiseen ja staattiseen rasitukseen. Puristuminen kuvaa staattista rasitusta ja tärinä sekä iskut dynaamista rasitusta.^{5 6 7}

2.2 Pakkaustyytit ja suojavaatimukset elintarvikkeille

Pakkaukset voidaan jaotella yleisesti lasi-, muovi-, kuitu-, puu-/vaneri- ja metallipakkauksiin käytetyn materiaalin mukaisesti.

Pakkaukselta vaadittavia ominaisuuksia elintarvikkeita pakattaessa ovat kaasu-, aromi- ja vesihöyrytiiviys, nesteiden ja rasvankesto, suojaaminen mekaanisilta vaurioilta, tuholaisilta, liialta, valolta sekä virrehajuilta ja -mauilta.⁸

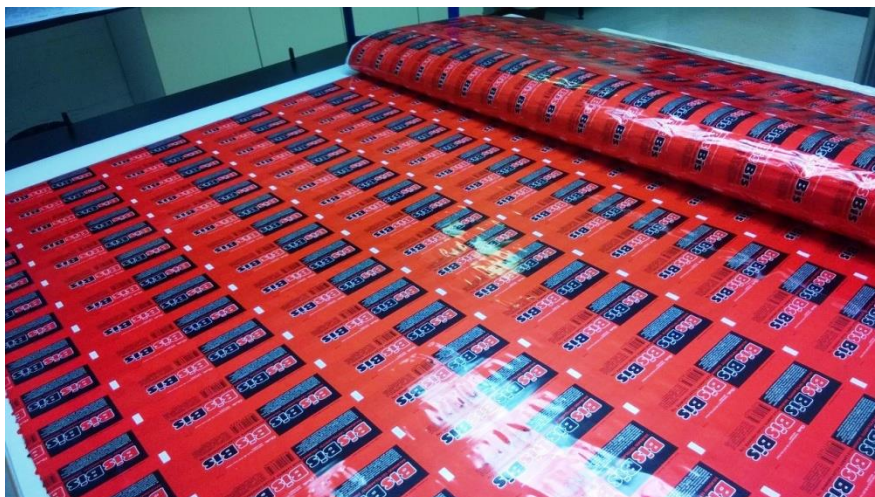
Pakkausmateriaali ja siinä käytetyt lisäaineet eivät saa jättää tuotteeseen hajua tai virhemakuja, eikä niistä saa siirtyä tuotteeseen jäämiä, jotka heikentäisivät tuotteelta vaadittua laatua, esimerkiksi elintarvikekelpoisuutta.⁹

2.3 Joustopakkaus

Amcor Flexibles Finland Kauttuan valmistamat joustopakkaukset kuuluvat muovipakkauksien ryhmään.

Joustopakkaukseksi nimitetään materiaalia, joka on valmistettu rullamuotoon. Joustopakkaus on rakenteeltaan monikerroksinen ja se voi sisältää erilaisia kerroksia muovia, alumiinia, laminointiliimaa, vahaa, ionomeerejä, painovärejä, lakkaa tai paperia. Yhdistelemällä eri materiaaleja saadaan pakkaukselle aikaan läpäisy- ja kestävyysominaisuudet, joita olisi mahdoton saada aikaan hyödyntämällä vain yhtä ainoaa materiaalia.

Joustopakkauksia käytetään pääasiassa epäsäännöllisen muotoisten tarvikkeiden pakkaamiseen, jolloin on tärkeää, että pakkaus mukautuu tuotteen muotojen ja laadullisten vaatimusten mukaisesti. Elintarvikkeet ovat yksi merkittävimmistä pakattavista tuotteista, joihin joustopakkauksia käytetään. Esimerkkeinä pakattavista tuotteista ovat muun muassa kahvi- ja makeispakkaukset.¹⁰ Kuvassa 3 on eräs Kauttuan yksikössä valmistettava joustopakkausmateriaali.



Kuva 3. Esimerkki joustopakkausmateriaalista

3 PAINATUS- JA LAMINOINTIPROSESSIT

3.1 Laminointi

Laminointi tarkoittaa sitä, että ohuita materiaalikerroksia kiinnitetään eli laminoidaan päällekkäin esimerkiksi liiman avulla, jolloin muodostuvaa yhdistelmäateriaalia voidaan kutsua laminaatiksi. Kerrokset voidaan kiinnittää toisiinsa käyttämällä erilaisia sidosaineita, kuten liimoja, vahoja, adheesiota, lämpöä tai sulaa muovia.^{11 12}

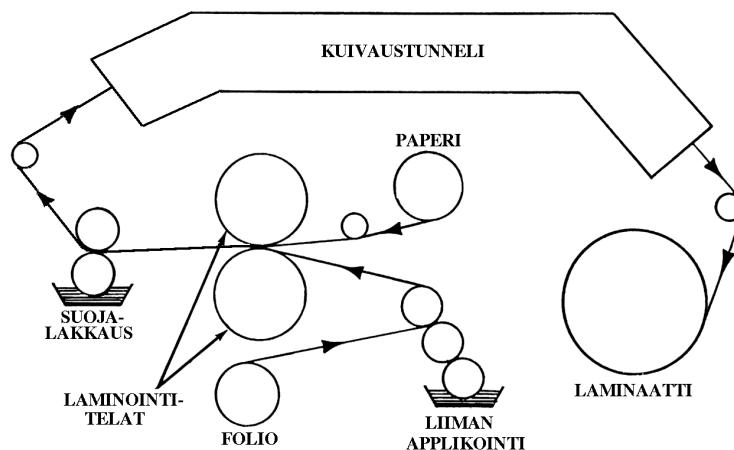
Laminaatin tarkoituksena on muodostaa eri materiaalikerroksia yhdistelemällä ominaisuuksiltaan mahdollisimman toimiva suoja haluttuun käyttötarkoitukseen. Esimerkiksi kahvipakkaus, joka voi koostua painetusta polyetyleenitereftalaatista (PET), alumiinista (Al) ja polyeteenikalvosta (PE), jotka on yhdistetty kaksikomponenttiliimalla toisiinsa. PET-kalvo on ominaisuuksiltaan kestävä, helposti painettava ja ulkonäöllisesti kauniin kiiltävä, alumiini antaa hyvän kaasun-, aromin-, kosteus- ja rasvanläpäisyn keston. PE-kalvon kuumasaumausominaisuuksien avulla pakkaus säilyy avautumatta ja toisaalta pakkaus on helppo avata. Näin materiaaleja yhdistelemällä saadaan aikaan pakkaus, joka vastaa asiakkaan, lainsäädännön ja pakattavan tuotteen vaatimuksia.

3.1.1 Laminointimenetelmät

Laminointimenetelmät muoviteollisuudessa voidaan jakaa eri luokkiin, joita ovat ekstruusio-, vaha-, liima-, lakka- ja lämpölaminointi. Liimalaminointi voidaan jakaa myös märkä- ja kuivalaminointiin ja yhä edelleen liuotinainepitoiseen ja liuotinainevapaaseen laminointiin. Laminoinnissa kiinnityksineena käytettävä sidosaine levitetään laminoitavan materiaalin pintaan telan avulla. Seurannan aikana valmistettujen ja mitattujen ajojen laminointi on suoritettu liimalaminointina, joten ne on esitelty opinnäytetyön yhteydessä tarkemmin.¹³

3.1.2 Märkälaminointi

Märkälaminointia hyödynnetään, kun laminoitavana on toisena rakenteeltaan läpäisevä ja huokoinen materiaali sekä toisena läpäisemätön materiaali. Raaka-aineen on oltava läpäisevää, koska märkälaminoinnissa materiaalit kiinnitetään toisiinsa liiman ollessa vielä kosteaa ja siksi liiman sisältämä liuotin, tai vesi, on haihdutettava materiaalin läpi kuivauksen aikana. Yleisin märkälaminoinnilla valmistettava jaloste koostuu alumiinista ja paperista. Käytetyt kiinnitysaineet ovat usein silikaatteja, vesipohjaisia proteiineja, tärkkelyksiä tai dispersioliimoja.¹¹



Kuva 4. Märkälaminointiprosessin toimintaperiaate¹¹

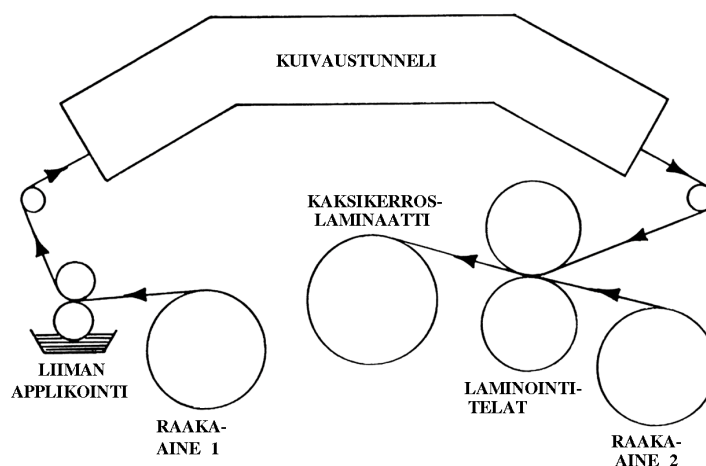
Märkälaminoinnissa materiaalille levitetään liima, jonka jälkeen materiaalit puristetaan toisiinsa laminoititelan avulla. Laminoinnin jälkeen monikerroslaminaatti kulkee kuivaustunnelin läpi, jolloin suurin osa ylimääräisistä liuottimista pääsee haihtumaan huokoisen materiaalin lävitse. Liiman kuivuminen jatkuu valmiissa rullassa. Kuvassa 4 on esitetty märkälaminoinnin toimintaperiaate.¹¹

3.1.3 Kuivalaminointi

Kuivalaminointia hyödynnetään, kun valmistettavan jalosteen molemmat materiaalit ovat rakenteeltaan huokosettomia ja läpäisemättömiä. Kuivalaminoinnissa käytetään yleensä liuotinpitoisia sidosaineita, kuten kestumuvihartsien vesiemulsioita tai -dispersioita. Liuotinaineettomat liimat taas ovat koostumukseltaan kokonaan kiintoainetta.¹¹

3.1.4 Liuotinainevapaa ja liuotinainepitoinen laminointi

Kuivalaminointi voidaan suorittaa joko liuotinainevapaasti tai liuotinpitoisesti. Laminointimenetelmät eroavat toisistaan prosessilaitteistoltaan muun muassa siinä, että liuotin vapaassa menetelmässä laitteistosta puuttuu kokonaan kuivaustunneli ja liiman levitysyksikkö on rakenteeltaan monivaiheisempi. Liimanlevitysyksikkö koostuu monitelaisesta sivelytelasta, jonka läpi käytyään materiaalit yhdistetään välittömästi laminointinipissä ja erillistä kuivausta ei tarvita. Liiman kovettuminen tapahtuu valmiissa jalosterullassa huoneenlämpötilassa noin viiden vuorokauden kuluttua laminoinnista.¹¹



Kuva 5. Liuotinainepitoisen kuivalaminoinnin toimintaperiaate¹¹

Liutinainepitoisessa menetelmässä liiman yhteydessä käytetään liuotinta, esimerkiksi etyyliasetaattia, joka liiman levityksen jälkeen haihdutetaan kuivaustunnelissa. Liima levitetään rasteritelan avulla, joka koostuu pienistä kuppimaisista koloista eli rastereista, joista liima siirtyy ajettavan materiaalin pinnalle. Kuivaustunnelin jälkeen toinen materiaali liitetään liiman sisältävään kerrokseen lämmön ja/ tai paineen avulla. Lopullinen liiman kovettuminen tapahtuu seuraavan viiden vuorokauden kuluessa jalosterullassa huoneenlämpötilassa. Kuvassa 5 on esitetty liutinainepitoisen kuivalaminoinnin toimintaperiaate.¹¹

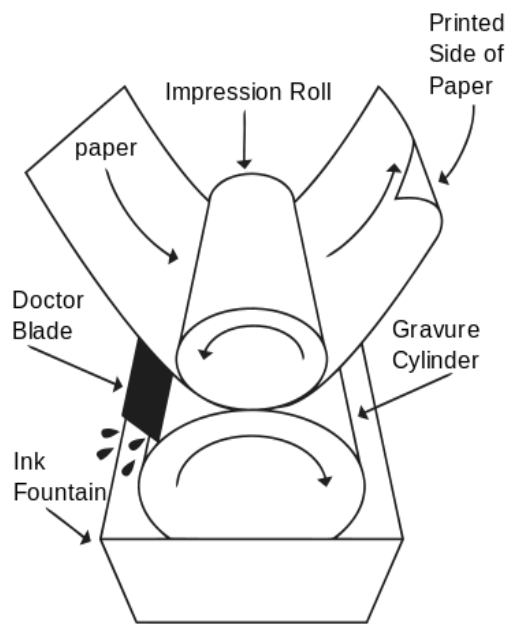
3.2 Painatus

Painatusmenetelmiä ovat kohopaino, rotaatiopaino, flexopaino, syväpaino, offsetpaino, digipaino sekä seripaino. Amcor Flexibles Kauttualla käytetty painotekniikka on syväpaino ja sitä hyödynnetään esimerkiksi aikakausilehtien ja erilaisten muovikääreiden valmistukseen.

3.2.1 Syväpainomenetelmä

Värinsiirto tapahtuu syväpainomenetelmässä painosylinterin avulla, johon on muodostettu haluttu kuvio kaivertamalla tai laserilla. Sylinterin pintaan muodostettu painatuskuvio on painamatonta pintaa alempana ja kuvioinnin syvyys vaihtelee 0,002-0,04 mm:n välillä. Syvyyden avulla voidaan vaikuttaa painetun värin voimakkuuteen.

Osavärejä eli CMYK-järjestelmässä käytettäviä välivärejä ovat magenta, syaani ja keltainen, joiden summa on musta. Osaväreistä valmistettuja muita värisävyjä kutsutaan reseptiväreiksi ja sekä niitä että osavärejä voidaan säätää ja laimentaa heikennysvernissalla ennen varsinaista painatukseen käyttöä. Värien alle voidaan myös painattaa ensin pelkkä valkoinen väri, jolloin muut värit saadaan toistumaan kirkkaampina.^{14 15 16}



Kuva 6. Syväpainon toimintaperiaate¹⁷

Painatustela pyörii painovärialtaan yläpuolella ja painoväri siirtyy sieltä telan pintaan. Ylimääräinen painoväri kaavitaan telan pinnalta kaavarinterän avulla, jolloin painoväriä jää ainoastaan telan pintaa alempana oleviin painokuvioihin (kuva 6). Telan kuvioinnista väri siirtyy painonipin yläpuolella pyörivään painomateriaaliin, yksi väri painoyksikköä kohden. Painoyksiköitä syväpainokoneissa on yleensä kahdeksasta ylöspäin ja jokaisen osavärin painatuksen jälkeen tapahtuu kuivatus ennen materiaalin siirtymistä seuraavalle painoväriyksikölle. Painettavan materiaalin on oltava laadultaan melko huokoisetonta ja sileää, kuten esimerkiksi polyetyleenitereftalaattia, orientoitua polyamidia tai päällystettyä paperia.¹⁸

Painotelat on valmistettu kuparilla päällystetystä teräksestä. Sylinterien pintaan muodostetaan kaiverrustimantin tai laserin avulla haluttu painatusmalli ja kaiverruksen jälkeen telat päällystetään kestävyysominaisuuksiltaan kuparia kovemmalla kromilla, jotta sylinterit saataisiin valmistettu kulutusta kestävämmäksi. Syväpainomenetelmän etuina ovat sen mahdollisuus monimutkaisiin ja värikkäisiin painatuksiin sekä tarkkuus, edullisuus pakkausyksikköä kohden suuria määriä tuotettaessa ja mekaanista kulutusta

kestävät telat. Huonot puolet taas ovat rasterikuviointi kuvien ja materiaalin reunoilla sekä suuria alkuinvestointeja vaativa prosessin pystytys. Kauttuan tehtaalla on oma telanvalmistus ja käytössä oleva menetelmä on kaiverrus.^{13 19}

4. MATERIAALIT

4.1 Painovärit

Painovärit koostuvat pigmenteistä, sideaineista, liuottimesta ja lisäaineista, joita ovat esimerkiksi pehmittimet, vahat, silikonit ja erukamidi.

Pigmentin tarkoitus on antaa painoväriksi sen väri ja peittävyys sekä lisätä kemiallista kestoja esimerkiksi UV-säilyä vastaan. Muita ominaisuuksia, joita pigmenteillä voi olla, ovat happojen ja emästen kesto, lämmönkesto sekä reaktiivisuus. Painoväreissä pigmentti on jauhattu sideaineeseen joukkoon ja ne ovat liukenemattomia ja partikkelikooltaan hyvin pieniä noin 0,01 - 1,0 μm :n kokoisia. Pigmenttipartikkelien muoto ja koko vaihtelee ja ne voivat vaihdella saman värin sisällä. Partikkelit voivat olla muodoltaan kuutiomaisia, pitkittäisiä tai pyöreitä. Pigmentit voivat olla orgaanisia tai epäorgaanisia ja ne kaikki valmistetaan synteettisesti. Pigmenttien määrä ja muoto voivat myös vaikuttaa opinnäytetyössä tutkittuun laminointilujuuteen.²⁰

Sideaineet voidaan jakaa perus- ja modifioivaan sideaineeseen. Perussideaineen tehtävänä painovärin muodostamisessa on sitoa pigmentti itseensä ja näin auttaa sen tarttumista painettavaan materiaaliin. Perussideaineen valinnalla voidaan vaikuttaa värin perusominaisuuksiin, käytettävään liuottimeen sekä modifioivan sideaineen valintaan. Esimerkkejä käytetyistä perussideaineista ovat nitroselluloosa (NC) ja polyvinyylibutyraali (PVB). Amcor Flexibles Kauttuan käytössä olevien painovärien perussideaineena toimii nitroselluloosa.

Modifioivan sideaineen tehtävänä on parantaa värin painettavuutta, laminoitavuutta sekä vaikuttaa siihen, kuinka suuri liuotinainejäämä painoväristä jää valmiiseen materiaaliin.

Liuotinta käytetään painoväreissä liuottamaan käytetty sideaine ja näin ollen mahdollistamaan värin levitys tasaisesti. Liuottimien haihtuvuudesta aiheutuen ne myös nopeuttavat värien kuivumista, ja sitä kuinka voimakas haju

painoväreistä muodostuu. Käytettyjä liuottimia on useita, esimerkiksi etyyliasettaatti, etanoli, esterit, ketonit, isopropanoli, vesi tai asetonit.

Pehmitintä käytetään muodostamaan painoväristä helposti työstettävä ja joustava kokonaisuus. Pehmittimien avulla painoväriin kyky muodostaa kalvo materiaalin pintaan paranee. Pehmittimien huonoja puolia ovat vaikutus liuotinainejäämien määrään nostavasti ja ne heikentävät myös värin lämmönsietoa.

Vahat, silikonit ja erukamidi ovat painovärien lisäaineita, joita käytetään vain halutun koostumuksen sitä vaatiessa. Silikonien avulla voidaan parantaa painoväriin mekaanisen kulutuksen kestoa, kuten hankauksesta syntyvää kulumista. Lisäksi silikonin avulla saadaan aikaan paremmat kuumasauhan aukaisuominaisuudet. Vahaa käytetään silikonin tavoin antamaan suojaa mekaaniselta rasitukselta sekä kitkaominaisuuksien muokkauksessa. Erukamidi on myös niin sanottu ”blokkauksen” estoaine eli se estää paineen alla olevan materiaalin painoväriin siirtymisen edellisiin kerroksiin. Erukamidilla voidaan säätää painoväriin aiheuttamaa kitkaa materiaalissa.²¹

4.1.2 Painovärien valmistus

Painovärien valmistus alkaa pigmenttipastan valmistuksella, jossa ensin yhdistetään liuotin, esimerkiksi etanoli tai etyyliasettaatti, ja perussideaine keskenään. Tämän jälkeen pastan pohja siirretään suurnopeuksiseen sekoittajaan esidispergoitumaan ja joukkoon lisätään pigmentti. Dispergoinnin jälkeen seos siirretään myllyyn, jossa pigmentit hienonnetaan pastan joukkoon tasaiseksi massaksi. Kun pigmenttipasta on valmistettu, voidaan valmistaa itse painoväri. Värin valmistus aloitetaan sekoittamalla modifioiva sideaine, pehmitin, liuotin ja mahdolliset lisäaineet, kuten erukamidi, hartsista ja liuottimesta valmistettuun esiseokseen. Tämän jälkeen joukkoon lisätään tasaisen sekoituksen yhteydessä ensimmäisessä vaiheessa valmistettu pigmenttipasta. Sekoitusta jatketaan, kunnes seos on dispergoitunut. Syväpainoprosessin painovärejä ohennetaan yleensä etyyliasettaatilla.²¹

4.1.3 Syväpainovärit

Syväpainossa käytettäviä painovärejä valittaessa on ymmärrettävä ominaisuudet, joita siltä vaaditaan syväpainoprosessin aikana. Syväpainoprosessin aikana on huomioitava painoväriin kohdistuva pitkäaikainen rasitus, mahdolliset koostumuksen muutokset prosessin aikana, viskositeetti yms. Amcorilla on käytössä tällä hetkellä kolme erillistä värisarjaa.

Syväpainovärit ovat viskositeetiltaan melko alhaisia noin 5-25 *mPas*, koska prosessin aikana niiden on siirryttävä hyvin nopeasti ja tarkasti kaiverretun telan rastereista edelleen painettavaan materiaaliin. Liian korkea viskositeetti aiheuttaa huonon painojäljen värin rastereista siirtymisen jäädessä vajaavaiseksi ja epätasaiseksi hitaan virtaavuuden takia. Liian matalan viskositeetin omaava painoväri taas aiheuttaa huonon painojäljen siksi, että se siirtyy liian aikaisin rasterikupista painettavalle pinnalle tai väri jää kokonaan siirtymättä painettavalle pinnalle. Painovärin viskositeetti säädetään sopivaksi käytetyn materiaalin ja värin pigmenttipitoisuuden mukaan.

Painokoneella painovärien viskositeettia mitataan tavallisesti viskokupin avulla manuaalisesti ajon alussa ja siitä eteenpäin tarvittaessa, esimerkiksi ajon ollessa pitkä. Manuaalisen mittauksen lisäksi painokoneet voivat seurata automaattisesti jokaisen painovärialtaan viskositeettitasoa erikseen ja hälyttää prosessiparametrien ylittyessä tai alittuessa. Koneilla on viskositeetin mittausta varten käytössä Kauttuan tehtaalla DIN4-viskokuppi ja valumisajan on oltava yleensä 13-16 s välillä ajosta riippuen.

Painovärin optimiviskositeettiin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa painokoneen ajonopeus, ajoparametrien säädöt, liuottimien määrä, rasterien muoto sekä syvyys, liuottimien haihtumismäärä ja -nopeus, kaavarin sijainti ja kuinka tehokkaasti painoväriin kiinnittyviä ja imeytyviä painomateriaalit ovat.²²

4.2 Liimat

Liimojen tehtävänä on kiinnittää kovettuessaan kaksi kappaletta toisiinsa yleensä reaktiossa muodostuvien vetysidosten avulla. Liimoja voidaan hyödyntää myös materiaalin pintaominaisuuksien muokkaamiseen ja sitä kautta helpottamaan mahdollista jatkokäsittelyä. Liimat voidaan jakaa eri ryhmiin niiden koostumuksen mukaan, joko synteettisiin liimoihin tai luonnonmateriaalipohjaisiin liimoihin. Liimat voidaan jakaa myös toimintaperiaatteensa mukaisien erojen avulla fysikaalisten ja kemiallisten muutoksien avulla toimiviin.

Erilaisia liimatyppejä on useita ja lähes jokaiseen käyttötarkoitukseen on kehitetty omansa materiaalista riippuen, kuten esimerkiksi puu-, metalli- tai paperiliima. Amcorin Kauttuan tehtaalla käytettävät laminointiliimat ovat tyypiltään pääosin kaksikomponenttiliimoja.

Kaksikomponentti liima koostuu kahdesta eri osasta, itse liimasta sekä kovettajasta, joka sekoitetaan käytön yhteydessä liimaan yhdessä liuottimen kanssa. Kun komponentit sekoitetaan keskenään, tapahtuu kemiallinen reaktio, jonka ansiosta polymeerit yhdistyvät polyuretaaniksi. Yleisiä käytettyjä komponenttiliimapareja ovat muun muassa polyesterihartsipolyuretaanihartsin ja akryyli- polyuretaani. Liiman sekoittaminen voi tapahtua manuaalisesti tai automaattisesti lakkapumpun avulla.²³

Kauttualla yleisimmin käytössä oleva laminointiliima on liotinainepitoinen polyuretaaniliima, jonka perusaineena on 4,4'-metyleenidifenyyliidi-isosyanaattia ja etyyliasetaattia. Liuottimena käytetään etyyliasetaattia tai vettä.^{24 25}

4.2.1 Adheesio

Adheesiolla tarkoitetaan kahden eri kappaleen välistä tartuntavoimaa, eli esimerkiksi sitä, kun laminoitaessa kaksi eri materiaalia kiinnittyvät toisiinsa laminointiliiman avulla. Adheesioon liittyvät oleellisesti käytetyn liiman pintaenergia, kiinnitettävien kappaleiden pinnanmuodot sekä laminoidun materiaalin tuleva käyttötarkoitus ja –ympäristö.

Onnistuneen laminoitumisen kannalta on oleellista että käytetty laminointiliima on riittävän juoksevassa muodossa, eli toisin sanoen sen pintaenergia on oikealla tasolla, jotta se täyttäisi liimattavien materiaalien pinnanmuodoista aiheutuvat epätasaisuudet. Jos liima ei leviä pinnalle kunnolla ja sen väliin jää ilmaa, on muodostuva sauma huomattavasti heikompi. Sama pätee, jos liiman määrä on liian suuri tai liian pieni. Liiman määrä on siksi optimoitava sopivaksi kullekin materiaalille.²⁶

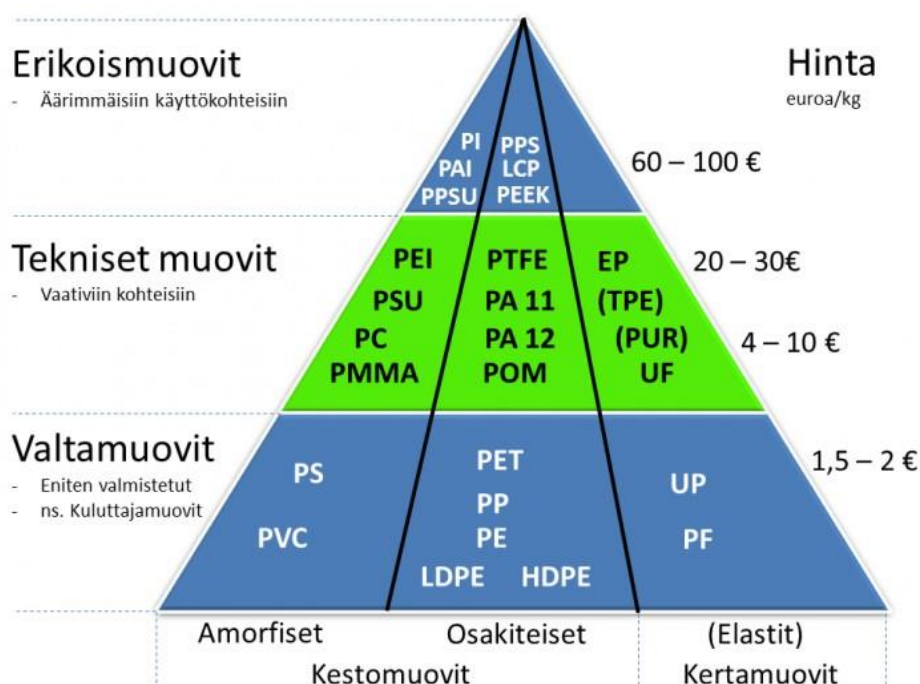
4.3 Painomateriaalit

Joustopakkauksia valmistettaessa on huomioitava käytettävien painomateriaalien soveltuvuus kyseiseen tarkoitukseen sekä valmiin pakkauksen että koneella käytettävyyden suhteen. Esimerkiksi syväpainotekniikkaa hyödynnettäessä painettavan materiaalin on oltava melko sileää ja huokosetonta tai märkälaminoitaessa toisen käytetyistä materiaaleista on oltava läpäisevää. Yleisiä joustopakkauksiin käytettäviä materiaaleja ovat polypropeeni, polyeteeni, polyamidi, polyetyleenitereftalaatti, sellofaani, ionomeerit, barrierkalvot sekä alumiinifolio ja erilaiset paperit.

4.3.1 Muovien luokittelu

Yleisesti muovit erotellaan kolmeen pääluokkaan, joita ovat valtamuovit, tekniset muovit sekä erikoismuovit sen mukaan, mikä niiden käyttötarkoitus on.

Valtamuoveja valmistetaan eniten ja niitä hyödynnetään yleisesti erilaisissa kuluttajapakkauksissa. Tähän luokkaan kuuluvat esimerkiksi PE ja PET. Teknisiä muoveja valmistetaan vaativiin käyttötarkoituksiin ja tähän luokkaan kuuluu esimerkiksi PEI (polyeetteriimidi). Erikoismuovit ovat valmistuskuluiltaan kaikkein kalleimpia ja niiden käyttösovelluksia ovat esimerkiksi tietokoneen nestekidenäytön materiaali LCP (nestekidemuovit). Kaikki muovit voidaan jakaa edelleen niiden fysikaalisten ominaisuuksien mukaan kestopuoveihin, jotka voivat olla amorfisia ja läpinäkyviä tai osakiteisiä ja ei-läpinäkyviä, ja elastisiin kertamuoveihin. Lisäksi kesto- ja kertamuovin väliin sijoittuvat elastomeerit. Kestomuovit voidaan muotoilla uudelleen sulattamalla tai painetta käyttäen, mutta kertamuovit kestävät vain yhden käsittelykerran. Kuvassa 7 esitelty muutamien eri muovilaatujen sijoittumista eri luokitusten mukaisiin tyyppeihin.²⁷



Kuva 7. Muovien luokitus²⁷

Muovit voidaan myös jaotella alkuperän mukaan luonnon-, synteettisiin ja puolisynteettisiin polymeereihin.

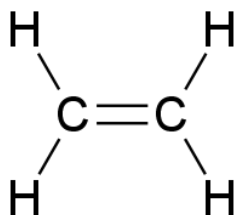
Luonnonpolymeerit saadaan nimensä mukaisesti luonnosta ja esimerkkinä näistä ovat proteiinit ja tärkkelys. Tärkkelyksen muodostuminen tapahtuu kasveissa ja sitä on runsaasti esimerkiksi perunassa. Luonnonpolymeerejä hyödynnetään muun muassa paperinvalmistuksessa selluloosasta. Puolisyntheettiset polymeerit on valmistettu kemiallisen käsittelyn avulla luonnonpolymeereistä ja synteettiset polymeerit ovat täysin teollisesti valmistetuista monomeereista tuotettuja. Esimerkiksi polyadditiolla valmistettu polyeteeni on synteettinen polymeeri.²⁸

Polymeerit voidaan jakaa myös koostumuksen mukaan orgaanisiin, epäorgaanisiin ja puoliorgaanisiin polymeereihin. Jako tapahtuu sen mukaan sisältääkö yhdiste hiiltä ja miten se on sijoittunut.^{29 30}

Rakenteellinen jako luokittelee muovit haaroittuneisiin, silloittuneisiin ja lineaarisiin molekyylikrakenteen mukaisesti. Haaroittuneiksi voidaan sanoa niitä, joiden molekyyliketjun osat kiinnittyneet pääruntoon eripituisin haaroin. Silloittuneita ovat ne molekyyliketjut, joissa muodostunut rakenne on verkkomainen ja se voi olla muodoltaan kaksi- tai kolmiulotteinen. Lineaarinen molekyyliketju on suora ja haaroittumaton.⁹

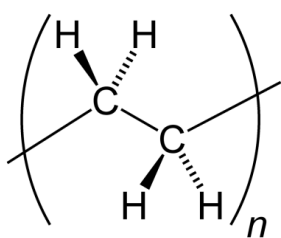
4.3.2 Polyeteeni

Polyeteeni eli PE on yksi käytetyimmistä muovilaaduista. Sitä voidaan tuottaa eteenä polymeroimalla eli pienemmät molekyylit yhdistetään katalyyttiä apuna käyttäen suuremmiksi polymeerimolekyyleiksi, jotka pysyvät koossa kemiallisten sidosten avulla. Koska eteeni (C_2H_4) (kuva 8) sisältää kaksoissidoksen hiiliatomien välillä, PE:n valmistusta kutsutaan additiopolymeroinniksi, jossa molekyylit saadaan liittymään toisiinsa avaamalla yhdisteen sisältämä kaksoissidos.³¹



Kuva 8. Eteenin rakennekaava³²

Polyeteenikalvo valmistetaan sulattamalla PE-rakeita ja ajamalla ne ekstruuderin suuttimen läpi. Tämän jälkeen materiaali venytetään puhaltamalla paineen avulla materiaalia siten, että muodostuu ns. kupla. Kupla puristetaan telojen avulla tasaiseksi ja halutun levyiseksi materiaaliksi. Toinen vaihtoehtoinen valmistusmuoto on tasokalvotekniikka.¹⁵



Kuva 9. Polyeteenin rakennekaava³³

Käytännön osalta polyeteeni soveltuu ominaisuuksien ja rakenteensa puolesta ekstruusiopäällystykseseen ja sellaisen monikerroslaminaatin osaksi, jolta vaaditaan hyvää kuumasaumautuvuutta, kemiallista kestävyyttä sekä vesihyörytiiviyyttä. Polyeteeniä on mahdollisuus myös muokata edelleen koekstruusion ja kopolymeerien avulla ja saavuttaa siten erilaisia ominaisuuksia muun muassa jäykkyyden, saumautuvuuden ja tiiviyden suhteen. Polyeteeniä voidaan käyttää laajalla lämpötila-alueella, noin -50 - 120°C. Polyeteeni kuuluu käyttöluokitukseltaan osakiteisiin valtamuoveihin ja se voi olla joko korkeatiheyksistä (HD), matalatiheyksistä (LD) tai lineaarisesti matalatiheyksistä (LLD-PE). HD-PE on muodoltaan kestävä ja kovaa, kun taas LD-PE joustavaa

ja pehmeää. LLD-PE on ominaisuuksiltaan lähellä LD-PE:tä, mutta se valmistetaan samoin kuin HD-PE.^{9 34}

4.3.3 Polypropeeni (PP)

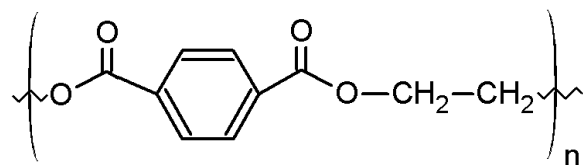
Polypropeeni koostuu propeenimonomeereistä ja sitä voidaan valmistaa stereospesifisellä polymeraatiolla, jossa katalyyttinä toimii Ziegler-Natta -katalyytti ja prosessiolosuhteina vallitsee matala paine. PP:n kestävyys voidaan vaikuttaa muuntelemalla kiteiden määrää ja molekyylien kokoa.³⁵

Polypropeenin ominaisuuksiin kuuluvat hyvä rasvan ja kemikaalien kesto sekä kohtuullinen lämmönkesto. Se on myös vesihöyrytiivis materiaali. Materiaalin heikkouksia ovat kuitenkin puutteet kaasutiiviydessä sekä melko suppea lämpötila-alue saumautuvuuden suhteen. Mentäessä alle 0°C:n lämpötiloihin polypropeenin rakenne haurastuu ja siksi käyttöalue lämpötilan suhteen on 0-120°C. Polypropeeni on visuaalisilta ominaisuuksiltaan kirkasta ja läpinäkyvää ja sopii siksi hyvin painatukseen.⁹

Pakkausmateriaaleja valmistettaessa käytetty polypropeeni voi olla biaksiaalisesti orientoitua (BOPP) tai vaihtoehtoisesti orientoimatonta (cPP) ja se on myös tarpeen vaatiessa metalloitavissa.

4.3.4 Polyetyleenitereftalaatti (PET)

Polyetyleenitereftalaatti ($C_{10}H_8O_4$) (kuva 10) luokitellaan kestumuoveihin ja se on yksi yleisimmistä polyestereistä. PET on synteettinen polymeeri ja sitä voidaan tuottaa polykondensaatioreaktiolla diolin ja diohapon avulla.



Kuva 10. Polyetyleenitereftalaatin rakennekaava³⁶

PET valmistetaan ensin sulattamalla ja sen jälkeen puristamalla sula massa suulakkeen läpi. Pursotuksen jälkeen materiaali usein käsitellään orientoimalla ennen viimeistä kuumennusta, jonka tarkoituksena on kasvattaa kiteisyysastetta.

Polyetyleenitereftalaattia voidaan käyttää kalvonvalmistuksessa ja päällystyksessä sekä esimerkiksi juomapullojen valmistuksessa. Ominaisuuksiltaan PET on erinomainen lämmönkestävyyden, kaasutiiviiden, rasvankeston sekä optisten ominaisuuksiensa puolesta ja se on mekaaniselta kestävyydeltään vahvaa. PET on toimiva painomateriaali syväpainoprosessiin ja se on myös tarpeen vaatiessa metalloitavissa. Heikkouksiksi voidaan lukea huono vesihöyrytiiviys.

4.3.5 Polyamidi (PA)

Polyamidit jaetaan kahteen ryhmään rakenteellisten ominaisuuksien mukaan joko niin, että molekyyliketju koostuu vain yhdenlaisista monomeereistä tai ketju koostuu kahdenlaisista monomeereistä. Polyamidissa monomeerit ovat sitoutuneet amidisidoksien avulla ja ne kuuluvat käyttökohteen mukaan teknisiin muoveihin. Polyamidi on synteettisistä polymeereistä maailman toiseksi käytetyin muovilaatu.

Polyamidia voidaan muokata monella eri menetelmällä, jolloin voidaan luoda ominaisuuksiltaan entistä parempia polymeerejä. Laminoinnissa käytetään yleisesti joko orientoimatonta tai biaksiaalisesti orientoitua polyamidikalvoa.

Polyamidikalvo valmistetaan granulaateista, jotka ensin kuumennetaan ja tämän jälkeen ajetaan ekstruuderin ja suuttimen läpi rullaimeen. Radanlevyinen

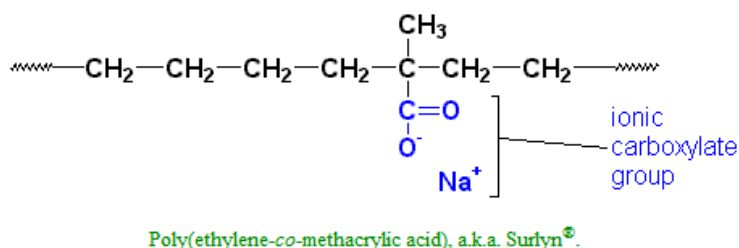
materiaali jäädytetään tämän jälkeen vesikierron avulla ja valmis tuote rullataan.¹⁵

Polyamidien ominaisuuksiin kuuluu kaasutiiviys, lämmönkesto, lujuus, kestävyys ja liuottimien kesto. Heikkouksia polyamidin osalta ovat huono vesihöyrytiiviys ja kosteuden kesto sekä happojen ja emästen kesto. PA on hygroskooppinen materiaali, mikä tarkoittaa sitä, että se sitoo itseensä ilmassa olevaa kosteutta. Kosteus heikentää merkittävästi polyamidien käyttöominaisuuksia, muun muassa kaasutiiviyttä, ja siksi se onkin suojattava huolellisesti varastoinnin aikana.³⁷

4.3.6 Ionomeerit

Ionomeerit ovat polymeerejä, joissa esiintyy sähköisesti neutraaleja yksiköitä ja ionisoituneita osia, jotka ovat kovalenttisesti sitoutuneena polymeerirunkoon. Kuvassa 10 on esimerkki ionomeerin rakenteesta.³⁸

Yksi tunnetuimmista ionomeereista on kauppanimeltään Surlyn®, jota valmistaa Dupont. Surlyn on lämpömuokattava natrium-ionomeeri ja sitä käytetään päällystykseen. Se on ominaisuuksiltaan sopiva useiden eri tuotteiden pakkaukseen elintarvikkeista lääketarvikkeisiin. Surlynin etuja ovat sen puhkaisunkesto, saumautuvuus hyvin matalissa lämpötiloissa, hyvä repäisy- ja puhkaisulujuus, saumanlujuus sekä tarttuvuus eri materiaaleihin.^{39 40}



Kuva 11. Surlynin rakennekaavio⁴¹

4.3.7 Sellofaani

Sellofaania voidaan tuottaa hapolla saostaen puupohjaisesta viskoosiliuoksesta. Kalvon muodostuminen tapahtuu siirtämällä liuos kapean suuttimen kautta happokylpyyn, jolloin saadaan muodostumaan saostumisreaktion avulla haluttu kalvomuoto.

Sellofaanin ominaisuuksiin kuuluvat kosteuden- ja rasvankesto ja se toimii erityisen hyvin prosessilaitteissa sähköistymättömyytensä ansiosta.⁴²

4.3.8 Alumiinifolio

Alumiinifolio on yleisesti käytössä joustopakkausissa sen hyvien barrier-ominaisuuksien takia. Alumiinifolio antaa tehokkaan suojan UV-säteilyyn, hajuille, aromeille, rasvalle ja vedelle sekä mikro-organismeille. Alumiini kestää myös korkeita lämpötiloja ja lämpötilaeroja.

Alumiinifoliota valmistetaan valssaamalla alumiiniharkkoja, jolloin ne puristuvat kahden valssirullan välitse, jonka avulla kappaleen kokoa ja muotoa saadaan muokattu haluttuun suuntaan. Valssaus parantaa metallin rakenteen lujuutta ja pintaominaisuuksia. Pakkausteollisuuden käytössä olevat alumiinifolion paksuudet ovat 6, 7, 8, 9, 12, 15, 20 ja 35 μm . Alumiinifolion huonon kierrätettävyyden ja korkean hinnan vuoksi sitä on alettu korvaamaan nykyään metalloiduilla kalvoilla sekä erilaisilla barrier-kalvoilla, jotka eivät sisällä lainkaan alumiinia.⁴³

4.3.9 Metallointi alumiinilla

Metallointi suoritetaan höyryttämällä PET- tai polypropeenikalvon päälle pieni määrä, noin 0,05 μm alumiinia. Metalloinnilla voidaan hyödyntää alumiinin barrier-ominaisuudet, parantaa kierrätettävyyttä ja säästää kuluissa pienemmän alumiinimäärän avulla. Metallointi on menetelmänä melko kallis toteuttaa, mutta

säästöä syntyy kuitenkin valmiin tuotteen hinnassa pienemmän alumiinimäärän muodossa.^{5 43}

4.3.10 Paperit

Joustopakkauksissa käytettävät paperit ovat usein laadultaan MG-papereita tai yksipuoleisesti päällystettyjä papereita. Muita käytettyjä paperilaatuja ovat UG-, SC- ja MF-paperi.

MG eli machine glazed –paperi on toiselta puolelta materiaalia koneellisesti kiillotettua ja sitä hyödynnetään usein joustopakkauksia valmistettaessa. MG-paperi on usein yhdistettynä alumiinifolioon erilaisissa pakkauksissa sen sileyden ansiosta. Koneellisesti kiillotettua paperia voidaan valmistaa joko valkaistuna tai valkaisuamattomana.⁴⁴

UG eli unglazed –paperi on kiillottamaton ja käsittelemätöntä paperia. MF eli machine finished-paperi on tasaiseksi käsitelty paperilaatu ja SC eli superkalanteroitu paperi, joka on laadultaan kaikkein tasaisin ja kiiltävin paperilaatu.⁴⁵

Paperi soveltuu joustopakkauksiin sen edullisuuden ja painettavuuden takia. Paperi toimii myös yleensä hyvin sen repäisykeston takia pakkauksissa, joiden on kestettävä käsittelyä, mutta se on kuitenkin melko helposti repäistävissä auki.

4.4 Filmien mitattavat ominaisuudet, pintakäsittelymenetelmät ja lisäaineet

4.4.1 Pintakäsittelymenetelmät ja lisäaineet

Filmit voidaan käsitellä, joko valmistettaessa tai jälkeenpäin esimerkiksi painatuksen yhteydessä. Käsittelyn tarkoituksena on parantaa painovärien ja laminointiliimojen tarttuvuutta muuttamalla materiaalin pinnan karheutta. Mahdollisia käsittelytyyppejä ovat päällystys eli primerointi tai koronointi.

Koronointi suoritetaan käsittelemällä materiaali vaihtovirran avulla, jolloin sen pintakerros hapettuu sekä karhenee, eli materiaalin pintaenergia kohoaa, ja parantaa näin materiaalin pinnan tarttuvuutta painatusta tai laminointia varten. Korkeataajuuksinen vaihtovirta saadaan aikaan korkeataajuusgeneraattorin ja muuntajan avulla. Materiaali voidaan päällystää eli primeroida esimerkiksi akryyli-, polyvinyyliideenikloridi- tai vinyyliasetaattipohjaisilla päällysteillä. Erilaisten päällystysten avulla voidaan parantaa materiaalin barrier-ominaisuuksia, suojata hapettumiselta (alumiini) sekä parantaa tarttuvuutta. Primerit voidaan levittää joko materiaalin pinnalle tai sen väliin ja ne voivat olla joko liuotin- tai vesipohjaisia.^{11 45}

Muoveissa käytetyillä lisäaineilla on tarkoitus muokata jo olemassa olevia ominaisuuksia tarpeen sitä vaatiessa. Käytettyjä lisäaineita ovat pehmittimet, stabilisaattorit, täyteaineet, katalysaattorit, värit, liuottimet, antistaattitaineet ja liukuaineet, vaahdotus- ja palonestoaineet.

Pehmittimiä käytetään muuntamaan muovin rakennetta joustavaksi ja pehmeäksi, jolloin sen kestävyys ja taipuisuus paranevat. Pehmittimet voivat olla joko sisäisiä tai ulkoisia sen mukaan, missä vaiheessa valmistusprosessia ne lisätään. Sisäiset lisätään muovin lähtöaineeseen valmistuksen aikana ja ulkoiset vasta valmiin massan joukkoon. Pehmittimiä käytetään useita samaan aikaan. Pehmitin aiheuttaa molekyyliketjujen välisten valenssivoimien heikkenemisen.

Stabilisaattorien avulla suojataan materiaalia ulkoisilta vaikutteilta, kuten happi ja UV-säteily. Näiden ulkoisten haittatekijöiden altistuksesta muovin rakenne haurastuu ja kovettuu, jolloin sen lujuusominaisuudet kärsivät.⁹

Täyteaineita käytetään parantamaan muovin mekaanista kestävyyttä sekä muovausominaisuuksia. Täyteaineet lisätään mekaanisen sekoituksen avulla muovimassan joukkoon ja niiden käytöllä saadaan laskettua materiaalin hintaa. Täyteaineina käytetään esimerkiksi talkkia, kaoliinia tai liitua.^{9 46}

Muoveja voidaan värjätä halutunlaisiksi väriaineiden avulla. Muovin värjäys tapahtuu lisäämällä pigmentit yhdessä lisäaineiden kanssa muovimassan

joukkoon. Käytettyjen värien on kestävä muovien muokaus ja kuumennus/jäähdytys ja se ei saa siirtyä pakkauksesta pakkattuun tuotteeseen. Muovin koostumuksesta värin osuus on yleensä alle 0,1%.^{9 46}

Katalysaattorit ovat käytössä muovin valmistusprosessin aikana nopeuttamassa reaktion etenemistä. Katalysaattorien aiheuttama jäämien määrä valmiissa tuotteessa ilmoitetaan yksiköllä ppm.^{9 46}

Emulgaattoreiden avulla muovin valmistusprosessin aikana monomeerit saadaan emulgoitumaan käytettyyn väliaineeseen. Emulgaattoreina voidaan käyttää esimerkiksi pinta-aktiivisia aineita.

Antistaattiaainetta käytetään vähentämään hankauksesta aiheutuvaa sähköisyyttä materiaalissa ja pakattavan jauhemaisen, esimerkiksi kahvi, tarttumista saumausalueelle. Sähköinen materiaali ei kulje linjastolla ja se tarrautuu rullassa toisiin kerroksiin. Antistaattiaine levitetään materiaalin pinnalle tai sekoitetaan massan joukkoon, josta se siirtyy tuotteen pinnalle. Antistaattiaineet ovat yleensä hygroskooppisia.⁹

Hapettumisenestoainetta hyödynnetään, kun halutaan vähentää erityisesti materiaalin hapettumisen aiheuttamaa heikkenemistä esimerkiksi varastoinnin aikana.

Tarttumisenestoainetta käytetään vähentämään materiaalin kiinnittymistä toiseen materiaalikerrokseen rullassa.

Vaahdotettujen materiaalien valmistukseen voidaan käyttää joko fysikaalisia tai kemiallisia menetelmiä. Vaahdotus voidaan suorittaa esimerkiksi lisäämällä hiilidioksidia sulan muovimassan joukkoon. Vaahdotuksen avulla saadaan aikaan muovia, jonka rakenne on kevyempi.^{5 15}

Palonestoaineilla vähennetään materiaalin palamis- ja syttymisherkkyttä. Käytettyjä aineita ovat fosfaatti ja sinkkiboraatti. Myös bromattuja yhdisteitä on ollut käytössä.⁵

4.4.2 Filmien mitattavia ominaisuuksia

Eri polymeerityypeillä on kullakin sille tyypillisiä ominaisuuksia. Tyypillisiä mitattavia ominaisuuksia ovat muun muassa vetolujuus, jäykkyys, iskulujuus, jännityssäröily, orientaatio, kutistuma, rasvan kesto, kaasun läpäisy, pinnan optiset- ja pintaominaisuudet, palon kesto ja dead fold eli taittopysyvyys.

Vetolujuus riippuu sekä vetämiseen kulutetusta voimasta että ajasta, jona voima vaikuttaa. Eri polymeerien vetolujuutta voidaan arvioida katsomalla eroja niiden jännitys-venymä-käyrissä.

Muovin jäykkyydellä tarkoitetaan sen kestävyyttä vääntymistä vastaan. Filmin jäykkyyteen voidaan vaikuttaa paksuutta säätelämällä.

Iskulujuus kertoo materiaalin kestävyydestä tilanteessa, jossa siihen kohdistuu suurella nopeudella äkillinen voima.

Jännityssäröily kuvaa vaurioita, joita voi muodostua mekaanisesta rasituksesta. Säröilyyn voidaan vaikuttaa biaksiaalisella orientaatiolla tai moolimassajaukamaa kaventamalla.

Orientaatiossa molekyylit järjestäytyvät uudelleen siihen kohdistuneen vedon suunnan mukaisesti. Orientaatio suoritetaan venyttämällä polymeerimassaa lämpimänä tai kylmänä. Venytys voidaan suorittaa kahteen tai yhteen suuntaan.

Rasvan kesto ilmaisee sitä, kuinka hyvin materiaali estää rasvan imeytymistä itseensä. Rasva aiheuttaa materiaalin heikentymistä ja painovärien liukenemista.

Vesihöyryn ja kaasunläpäisy kuvaavat, sitä miten hyvin kaasut kulkevat materiaalin läpi, eli toisin sanoen kuinka hyvin materiaali estää läpäisyn. Läpäisyominaisuuksia voidaan parantaa käyttämällä yhdistelmämaterialleja. Esimerkiksi alumiinilla on hyvät barrier- eli läpäisynesto-ominaisuudet.

Palonkesto voidaan parantaa käyttämällä esimerkiksi halogeeneja sisältäviä polymeerilaatuja, kuten esimerkiksi PVC:tä.

Taittopysyvyydellä voidaan arvioida taitosten pysyvyyttä, eli sitä palautuuko materiaali ennalleen taivutuksen tai taittamisen jälkeen. Esimerkiksi alumiini omaa hyvän taittopysyvyyssominaisuuden sekä yksin käytettynä että monikerroslaminaatin osana.⁵

5 LAMINOINTILUJUUS JA MITTAUKSEN SUORITUS

AMCOR FLEXIBLES KAUTTUALLA

5.1 Yleistä laminointilujuudesta

Laminointilujuus eli sidosvoima tarkoittaa kahden materiaalikerroksen välistä kiinnittymistä toisiinsa tietyllä suuruudella. Sidosvoiman suuruutta voidaan mitata joko vetolujuuslaitetta käyttäen tai tilanteesta sekä materiaalista riippuen käsin.

Tuotantokoneilla laminointilujuuteen voidaan vaikuttaa laminointiliiman määrällä ja viskositeetilla, ratakireyksien ja puristuksen säädöillä, lämpötilansäädöllä, esikoronoinnilla ja painovärin tarttuvuudella. Painovärin tarttuvuuteen voidaan taas vaikuttaa värien viskositeetilla, painettavan materiaalin pinnan käsittelyllä eri menetelmien avulla, painamalla pohjalle puhdas valkoinen väri tai samoin kuin laminointiliimojen yhteydessä, eli säätämällä materiaalien ja värien vaatimusten mukaiset ajoparametrit kohdilleen.

Mittauksesta saadut tulokset ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella ja mittayksikkö on $N/15\text{ mm}$.⁴⁷

Joustopakkauksen heikko laminointilujuus voi aiheuttaa materiaalin huonon toimivuuden esimerkiksi pakkauslinjalla tai pituusleikkauksessa, kerrosten irrotessa toisistaan, ja läpäisy- ja kestävyysominaisuuksien heikkenemistä, joka voi johtaa pakattavan tuotteen laadun heikkenemiseen. Lisäksi pakkaus voi aueta asiakkaan käytössä huonosti heikosti laminoituneiden kerrosten antaessa periksi ennen varsinaiseen aukaisuun tarkoitettua saumaa, ja aiheuttaen siten turhaa mielipahaa ja reklamaatioita.

5.2 Näytteenotto

Näytteenotto suoritetaan tuotannon ajamasta materiaalista, joka viidenneistä rullamallista. Halutut materiaalikerrokset erotetaan toisistaan käsin, lämpöä tai

etyyliasettaattia apuna käyttäen. Näyteleveys on 50 mm ja se leikataan sapluunan avulla rullamallin molemmista reunoista, tutkittavan materiaalin valmiin pakkauksen alasauman kohdalta. Näytteenottokohdan on oltava mahdollisuuksien mukaan painatukseltaan tasasävyinen. Erotettujen kerrosten väliin, molemmille pinnoille, asetetaan paperilaput estämään kerrosten kuivumista toisiinsa tai muihin ympäröiviin pintoihin. Alla kuvassa 11 on malliesimerkki oikeanlaisesta näytteestä.



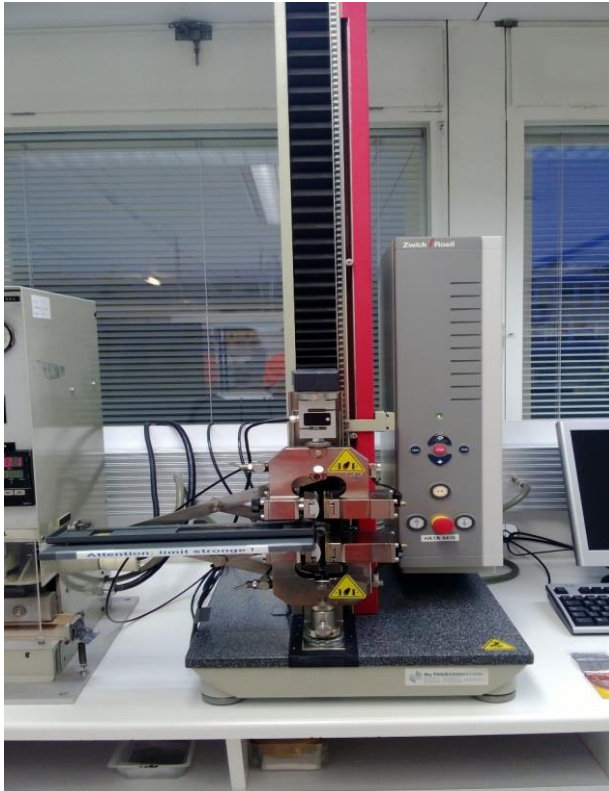
Kuva 12. Näyte

Leikattuihin näytteisiin kirjataan ajetun työn työnumero, rullanumero, vaihe, (positio), päivämäärä ja reuna.

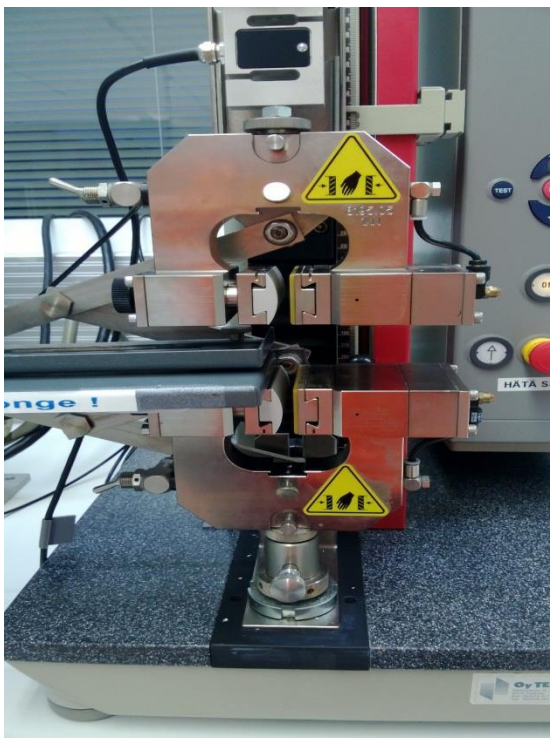
Näytteet säilytetään viiden vuorokauden ajan laadunvalvontalaboratoriossa, jonka jälkeen ne testataan vetolujuuslaitteella.

5.3 Mittauksen suoritus

Laminointilujuuden mittaus suoritetaan, kun näytteiden otosta on kulunut viisi vuorokautta. Näytettä avataan noin 5 mm ennen mittausta, jotta voidaan välttää sauman liiallisesta kuivumisesta johtuva ”mittapiikki” mittauksen alussa ja näin ollen vähentää virheen suuruutta tuloksessa.



Kuva 13. Vetolujuuslaite Zwick Roell



Kuva 14. Vetolujuuslaitteen leuat Zwick Roell

Mittaus suoritetaan asettamalla 50 mm leveä näyteliуска vetolujuuslaitteeseen (Zwick Roell, kuva 9 ja 10) niin, että materiaalin pintakerros asetetaan laitteen yläleukaan (esim. painettu polyetyleenitereftalaatti) ja taustamateriaali (polyeteeni) alaleukaan, edellä mainitussa järjestyksessä. Laitteeseen asetetun näytteen kerrosten avautumiskulma on oltava 90°. Vetolujuuslaitteen vetonopeus on 100 mm/min.

5.4 Mittaustuloksen tulkinta

Kun nauhat on mitattu vetolujuuslaitteella, on numeraalisen tuloksen lisäksi otettava huomioon sauman käyttäytyminen avattaessa. Amcorilla on käytössä erilaisille sauman käyttäytymistypeille omat numerokoodinsa, joiden avulla jälkeinpäin on oleellisesti helpompi arvioida tuloksia esimerkiksi arvojen jäädessä spesifikaatioiden ulkopuolella tai tulkinnan olessa muuten hankalaa. Havaintokoodit on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Laminointiluujuksien havaintokoodit

1	sauma repeää tai menee poikki
2	värin siirtyminen
3	metalloinnin siirtyminen
4	venymä
5	palstautuu (filmin osakerrokset irtoavat)
6	laminaatin kerrokset irtoavat

Sauman revetessä nauha ei välttämättä avaudu lainkaan, vaan menee poikki, tai vaihtoehtoisesti repeää vähitellen näytteen toisen reunan ollessa paremmin kiinni. Värin siirtymisellä tarkoitetaan tilannetta, jossa sauman auetessa painoväri on kiinnittynyt laminointiliimaan tiukemmin kuin painettuun materiaaliin. Värin siirtyminen voi tapahtua kokonaan tai osittain. Metalloinnin siirtyminen tarkoittaa vastaavaa kuin värin siirtyminen, mutta siirtyvä kerros on

metallointi. Venymätulokseksi lasketaan ne mittaukset, jossa materiaali venyy helpommin kuin sauma aukeaa. Palstautumiseksi kutsutaan tilannetta, jossa materiaalikerrokset repeävät joistakin kerroksista sauman avautumisen yhteydessä. Laminaatin kerrosten irtoaminen tarkoittaa sitä, että kerrokset irtoavat, mutta sauma ei mene kuitenkaan poikki.

5.5 Seurantaan kuuluneet koneet

Laminointilujuutta seurattiin kolmella eri tuotantokoneella seurantajakson aikana. Seurattavat koneet olivat Rotomec (1151), Combi (1058) ja SL Polytype (1061). Seuranta on rajattu ainoastaan painoväriin sisältävän materiaalivälin laminointilujuuksien seurantaan, koska tarkoitus oli tarkastella erityisesti painovärien merkitystä laminointilujuuden muodostumisessa.

Rotomecilla voidaan suorittaa materiaalin painatus ja laminointi. Materiaali voidaan vaihtoehtoisesti myös ainoastaan painaa Rotomecilla ja tämän jälkeen laminoida muilla Amcorin Kauttuan tehtaan laminointikoneilla. Rotomecin laminointi tapahtuu liuotinainepohjaisella menetelmällä ja käytettävät liimat ovat 2-komponenttiliimoja. Käytettävä liimamäärä Rotomecilla vaihtelee välillä 2,8-3,0 g/m^2 .

SL Polytypella voidaan vain ja ainoastaan laminoida, eli materiaalit on ensin painettava painokoneilla. Painetut materiaalit tulevat SL:lle laminoitavaksi joko Rotomecilta tai tehtaan toiselta painokoneelta Cerutti 2:lta. SL Polytypen laminointi suoritetaan liuotinainevapaasti kaksikerroslaminointina. Käytettävä liima on liuotinainevapaata 2-komponenttiliimaa, joka sekoitetaan lakkapumpun avulla automaattisesti. Laminointiin käytettävä liimamäärä on keskimäärin 1,5-3,0 g/m^2 materiaaleista riippuen.

Kolmas seuratuista koneista on Combi (1058), jota käytetään laminointiin. Painettu materiaali voi tulla laminointiin joko Rotomecilta tai Cerutti 2:lta. Käytetty laminointimenetelmä on liuotinainepitoinen ja käytössä on 2-komponenttiliima. Combilla laminointiliiman määrä on keskimäärin 3,5 g/m^2 ajosta riippuen.

6 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS LAMINOINTILUJUUTEEN

Olosuhteiden vaikutusta filmien laminointilujuuteen testattiin olosuhdekaappia apuna käyttäen. Vertailun vuoksi testattiin myös tuotannon salissa kuivuneiden huputettujen ja huputtamattomien rullien laminointilujuus. Huputuksella tarkoitetaan tuotantorullien sulkemista tiiviisti muoviin heti laminoinnin jälkeen. Materiaali, jolle koe suoritettiin, oli rakenteeltaan PPP2/LL19/VPP1/CS1 eli pinnasta taustaan: polypropeeni, painatus, laminointiliima, vaahdotettu orientoitu polypropeeni ja kylmäsaumaliima.

6.1 Mittauksen suoritus

Materiaalista jätettiin ajon jälkeen viiden vuorokauden laminointilujuusnäytteet 6kpl/rll sekä tavallista menettelyä noudattaen laadunvalvontalaboratorioon että olosuhdekaappiin (Mettler HPP 108/749 constant climate chamber with peltier cooling), jossa lämpötila oli 50°C ja kosteus 70 %. Näytteet testattiin viiden vuorokauden kuluttua vetolujuuslaitetta (Zwick Roell) käyttäen voimalla $N/15\text{ mm}$ ja näyteleveyden ollessa 50 mm. Laadunvalvonnan olosuhteet viiden vuorokauden aikana vaihtelivat lämpötilan suhteen 25-28°C:een ja kosteuden suhteen 27 %-50 % välillä.

Laminointilujuus testattiin myös suoraan tuotantorullista, jotka olivat kuivuneet 5. salissa sekä huputettuna että ilman suojaa, jotta voitiin selvittää, vaikuttaako materiaalin suojaaminen ilmankosteudelta kerrosten väliseen laminoitumiseen. Lopuksi laminointilujuus testattiin vielä 30 vuorokauden kuluttua valmistuksesta pituusleikkauksen jälkeen.

6.2 Tulokset olosuhteiden vaikutuksesta laminointilujuuteen

Laadunvalvonnassa viisi vuorokautta kuivuneiden näytteiden laminointilujuuden tulosten keskiarvoksi saatiin 0,42 $N/15\text{ mm}$. Erot kuuden eri rullan näytteiden välillä olivat melko pienet ja vaihteluväli oli 0,3-0,5 $N/15\text{ mm}$.

Olosuhdekaapissa olleiden näytteiden tulosten keskiarvo oli 0,31 *N/15 mm* ja erot mittaustuloksissa vaihtelivat 0,2-0,4 *N/15 mm*:n välillä. Tuloksissa voitiin havaita noin 0,1 *N/15 mm* lasku verrattuna laadunvalvonnassa olleisiin näytteisiin. Tuotannon varastossa kuivuneiden huputettujen kahden rullan laminointilujuuksien keskiarvoksi saatiin 0,4 *N/15 mm*. Tuloksissa ei havaittu eroja, vaan tulokseksi saatiin jokaisen mittauksen kohdalla sama arvo. Samassa varastossa kuivuneiden huputtamattomien kahden rullan keskiarvoksi saatiin 0,42 *N/15 mm* ja tulokset vaihtelivat välillä 0,4-0,5 *N/15 mm*.

30 vuorokauden kuluttua laminoinnista mitattujen näytteiden laminointilujuus oli 0,4 *N/15 mm* eikä vaihtelua tulosten välillä havaittu.

Tulokset on esitelty taulukoissa 2, 3, 4, 5 ja 6.

Taulukko 2. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset olosuhdekaappinäytteille

työ 795233	olosuhdek. 50° C/ 70%	olosuhdek. 50° C/ 70%	olosuhdek. 50° C/ 70%	olosuhdek. 50° C/ 70%	olosuhdek. 50° C/ 70%	olosuhdek. 50° C/ 70%
mittaus	rll. 2	rll. 3	rll. 4	rll. 5	rll. 6	rll. 7
1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
kA rll. 2-7	0,31					

Taulukko 3. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset laadunvalvonnan näytteille

työ 795233	labra	labra	labra	labra	labra	labra
mittaus	rll. 2	rll. 3	rll. 4	rll. 5	rll. 6	rll. 7
1	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
2	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3
kA rll. 2-7	0,42					

Taulukko 4. 5vrk laminointilujuusmittaustulokset huputetuille tuotannon näytteille

työ 795233	5. Sali huputettu	5. Sali huputettu
mittaus	rll. 3	rll. 4
1	0,4	0,4
2	0,4	0,4
3	0,4	0,4
kA rll. 3-4	0,4	

Taulukko 5. 5 vrk laminointilujuusmittaustulokset huputtamattomille tuotannon näytteille

työ 795233	5. Sali huputtamaton	5. Sali huputtamaton
mittaus	rll. 2	rll. 5
1	0,4	0,4
2	0,4	0,5
3	0,4	0,4
kA rll. 3-4	0,42	

Taulukko 6. Laminointilujuusmittaustulokset 30 vrk:n jälkeen laminoinnista

795233/ bob/ 8.7.2014		
rii.	1. mittaus	2. mittaus
10E/3 keskeltä	0,4	0,4
7F/3 pinta	0,4	0,4
13D/3 pohja	0,4	0,4
15C/4 pinta	0,4	0,4
18B/4 keskeltä	0,4	0,4
19A/4 pohja	0,4	0,4
22D/5	0,4	0,4
26D/5	0,4	0,4
30D/5	0,4	0,4
kA ri. 3-5	0,4	

6.3 Päätelmät

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että kosteus ja lämpö vaikuttavat laminointilujuuteen hieman laskevasti. Erot tulosten välillä olivat kuitenkin melko pieniä, eikä merkittävää alennusta voida sanoa tapahtuneen. Kokonaisuudessaan olosuhteista riippumatta tulokset näytteiden välillä vaihtelivat 0,2 *N/15 mm*:stä 0,5 *N/15mm*:iin.

Testi olisi voitu suorittaa olosuhdekaapin osalta matalammassa lämpötilassa, jotta oltaisiin saatu testattua paremmin kosteuden vaikutusta laminointiliiman kuivumiseen. Käytetty 50 °C:n lämpötila todennäköisesti vähensi 70 % kosteuden vaikutusta, eikä näin ollen suuria eroja normaalissa laadunvalvonnan lämpö- ja kosteusolosuhteissa olleisiin näytteisiin saatu.

Huputuksella ei voinut tulosten perusteella sanoa olleen eroa huputtamattomiin rulliin, sillä eroa näiden välillä oli ainoastaa 0,02 *N/15 mm*.

Lämpötilan ja kosteuden vaikutuksen seurannan kannalta olisi suositeltavaa järjestää pidemmän aikavälin seuranta, jolloin saataisiin parempi käsitys muun muassa vuodenaikojen vaihtelusta aiheutuvista eroista.

7 TULOSTEN TULKINTA

Taulukko 7. Kokeellisen osan ainekoodit ja materiaalit

MPET (metalloidut polyetyleenitereftalaatit):

MPET	metalloitu polyetyleenitereftalaatti
MPT2	akryylikäsitelty toiselta puolelta ja toiselta metalloitu polyetyleenitereftalaatti
MPT3	akryylikäsitellyltä puolelta metalloitu polyetyleenitereftalaatti

PET (kirkkaat polyetyleenitereftalaatit):

PET1	toispuoleisesti koronakäsitelty kirkas polyetyleenitereftalaatti
PET2	toispuoleisesti akryylikäsitelty kirkas polyetyleenitereftalaatti
PET	kirkas polyetyleenitereftalaatti

PP (polypropeenit):

OPP1	biaksiaalisesti orientoitu + toiselta puolelta koronakäsitelty polypropeeni (kuumasaumaava)
OPM2	orientoitu, matta polypropeeni, toiselta puolelta käsitelty (kuumasaumaava)
PPP2	tartumaton polypropeeni (ei saumaava)

MET.OPP (metalloidut orientoidut polypropeenit):

Y925	metalloitu, orientoitu polypropeeni
MPP2	metalloitu, orientoitu polypropeeni
MPP3	metalloitu, orientoitu polypropeeni

VAAHD.OPP (vaahdotetut orientoidut polypropeenit):

VPP1	vaahdotettu, orientoitu polypropeeni
------	--------------------------------------

PA (polyamidit):

OPA (orientoidut polyamidit):

OPA1	koronakäsitelty, orientoitu polyamidi
------	---------------------------------------

PE (polyeteenit):

PEP (eVOH polyeteeni):

YJ03	valkoinen, eVOH, antiblokkaava, antistaattaine polyeteeni
------	---

Al (alumiini)

Al	alumiini
----	----------

Kone: 1058 Combi, kolmikerroslaminaattori, liuotinpohjainen

Kirkas koronakäsitelty polyetyleenitereftalaatti/ alumiinifolio= PET1/Al

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Sauman aukaisemisen yhteydessä ei ilmene kerrosten siirtymistä, vaan PET-kalvo repeää heti avaamisen alussa poikki. Sauma käyttäytyy samoin oli kyseessä sitten pelkkä aihio ilman kultapigmenttiä laminointiliiman joukossa tai kultapigmentillinen laminaatti.

Laminointilujuus painovärin suhteen

Käytettäessä kultapigmenttiä laminointilakan joukossa tai laminaatin ollessa pelkkä aihio, laminointilujuusmittaustulokset ovat selkeästi poikki-tuloksia, eli toinen materiaalikerroksista menee poikki sen ollessa heikompi kuin toisiinsa laminoituneiden kerrosten muodostama sauma.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Materiaalien paksuuksilla tai toimittajilla ei näytä olevan tässä materiaaliyhdistelmässä vaikutusta laminointilujuuteen, vaan tulokset ovat tasaisesti poikki-tuloksia.

Kirkas akryylikäsitelty polyetyleenitereftalaatti/alumiinifolio= PET2/Al

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Värin siirtymistä esiintyy sekä kokonaan että osittain lähes kaikissa näytteissä. Näytteet, joissa värin siirtyminen tapahtuu vain osittain, on korkeammat laminointilujuustulokset kuin tapauksissa, joissa painoväri on siirtynyt kokonaan. Poikki-tuloksia on kahdeksan kahdestakymmenestä.

Laminointilujuus painovärin suhteen

Näytteet vaihtelevat laminointiluudeltaan välillä 2,8 – 5,3 N/15 mm. Korkeimmat tulokset painovärien yhteydessä on saatu ruskeaa väriä käytettäessä, jolloin väri on siirtynyt vain osittain materiaalista toiseen laminointiliiman mukana. Poikki-tulokset sijoittuvat painovärien puolesta vihreän, sinisen ja keltaisen yhteyteen, kun taas punaiset ja ruskeat värit ovat antaneet keskiarvotuloksia.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Materiaalitoimittajien vaihtelussa ei näytä tämän työn yhteydessä olevan merkittävää eroa laminointilujuuden suhteen.

Akryylikäsitelty kirkas polyetyleenitereftalaatti/ koronakäsitelty orientoitu polyamidi= PET2/OPA1

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Sauma repeytyy poikki lähes kaikissa seurantajaksoille osuneista tapauksista. Muutamissa poikkeustapauksissa keskiarvotuloksen yhteydessä ilmeni painovärin siirtymistä saumaa aukaistessa. Värin siirtyminen tapahtui kokonaan.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Käytettyjä painovärejä ovat musta, vaaleansininen, vihreä, vaaleanruskea ja sininen. Laminointilujuus on väristä riippumatta lähes jokaisessa tapauksessa poikki-tulos viiden vuorokauden kuluttua laminoinnista. Muiden värien yhteydessä nauhan kerrokset ovat repeytyneet poikki heti avaamisen yhteydessä, mutta vaaleanruskean värin yhteydessä kahdeksassa nauhassa kolmesta saatiin keskiarvotulos painoväriin siirtymisen yhteydessä. Laminointilujuus vaihteli välillä 2,4-2,9 N/15 mm.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Kaikki tällä materiaaliyhdistelmällä ajettut työt ovat rakenteeltaan samoja lukuunottamatta yhtä koetyötä. Käytetyt materiaalit ovat kauppanimiltään samoja ja samoilta toimittajilta, joten eroja ei tämän osalta voi vertailla.

Poikkeavan tuloksen omaavien töiden osalta laadunvalvonnan olosuhteet ovat olleet sekä poikki-tulosten että keskiarvon antavien töiden kohdalla lähes samat.

Orientoitu polyamidi/alumiinifolio= OPA1/Al

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Väriin siirtyminen on yleistä värin sävystä riippumatta. Siirtyminen tapahtuu lähes poikkeuksetta siirtymällä kokonaan materiaalista toiseen osittaisen siirtymisen sijaan.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Keskimäärin korkeimmat laminointilujuustulokset kyseisen materiaaliyhdistelmän osalta on saatu mittauksista, joissa materiaalin mittausalueen painoväriä on musta. Tulokset vaihtelevat välillä 1,3- 6,1 N/15 mm. Lisäksi saatu muutama poikki-tulos. Seuraavaksi korkeimmat laminointilujuustulokset seurantajakson aikana ovat vihreän painoväriin yhteydessä. Vaihtelua tapahtui välillä 5,2-3,8 N/15 mm.

Heikoimmat tulokset painoväriin suhteen tarkasteltuna ilmenivät ruskeita, keltaisia ja punaisia sävyjä käytettäessä. Tulokset vaihtelevat välillä 2,3-1,2 *N/15mm*. Ruskeiden ja punaisten värien yhteydessä tulokset olivat hyvin tasaisia.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Combin OPA/Al rakenteella 102564 ilmeni selkeästi korkeammat tulokset laminointilujuudessa painoväriin sävystä riippumatta. Erona tämän rakenteen osalta verrattuna muihin on, että niissä kaikissa on käytetty eri materiaalityypin filmiä.

Kone: 1061 SL, liuotinvapaa kaksikerroslaminaattori

Matta orientoitu polypropeeni/ metalloitu polyetyleenitereftalaatti= OPM2/MPET

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Väriin ja metallointiin siirtymistä ei havaittu tämän materiaaliyhdistelmän osalta seurannan aikana.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Seurantajaksolle osuneiden töiden painoväriin sävyt (ruskea) ovat tummuusasteen vaihtelua lukuunottamatta hyvin lähellä toisiaan. Vaihtelu mittaustulosten tapahtui välillä 1,9-1,0 *N/15 mm* eikä poikki-tuloksia esiintynyt lainkaan. Myöskään painoväriin tummuudella/sävyerolla ei näyttänyt ilmenevän konkreettista eroa tässä yhteydessä.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Selkeitä eroja ei ilmennyt eri rakenteiden välillä ja kokonaisuudessaan tulokset ovat hyvin tasaiset kaikkien seurantaan osuneiden töiden osalta.

Orientoitu polypropeeni, toinen puoli koronakäsitelty / metalloitu polyetyleenitereftalaatti= OPP1/MPET

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Saumaa avattaessa ilmeni vain neljässä tapauksessa 42:sta värin osittain tai kokonaan siirtymistä materiaalista toiseen.

Laminointilujuus painovärin suhteen

Käytettäessä ruskeita painovärisävyjä laminointilujuustulokset ovat keskimäärin hieman korkeammat kuin keltaisen värin yhteydessä. Merkittävää eroa ei kuitenkaan voi sanoa olevan kun vertaa ruskeaa 2,2-1,4 N/15 mm ja keltaista 1,9-1,0 N/15 mm. Värien sävyeroilla ei vaikuttanut olevan tässä tapauksessa vaikutusta tulokseen. Värin siirtyminen tapahtui ruskean painovärin yhteydessä työssä, jossa oli myös kaikkein korkeimmat laminointilujuustulokset. 2,2 ja 2,0 N/15 mm. Ja keltaisen värin osalta työssä, jonka laminointilujuus oli 1,3 ja 1,5 N/15 mm.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Eri kauppanimien alla olevien materiaalien laminointilujuuksissa ei ole kovinkaan suurta eroa. Painovärin siirtymistä on ilmennyt kuitenkin vain töissä, jonka orientoitu PP on eri kauppanimen alaista (X1) kuin kaikissa muissa laminoiduissa töissä. Muut työt, joissa käytetty toimittajan (X2) materiaalia ja väri ei ole siirtynyt, on kaikkein matalimmat laminointilujuustulokset 1,2 - 1,1 N/15 mm.

Akryylikäsitelty kirkas polyetyleenitereftalaatti/ valkoinen polyeteeni-eVOH-polyeteeni, antiblokkausaine, antistaattiaine= PET/PE

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Nauhaa avattaessa kaikissa tapauksissa PET on mennyt poikki. Värin siirtymistä ei ole esiintynyt, vaan materiaali on repeytynyt heti poikki.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

PET/PE-rakenteella olleita töitä oli seurannan aikana vain kahta eri väriä, vihreä ja violetti. Värien välillä ei voinut havaita eroja laminointilujuuden tai sauman käyttäytymisen suhteen. Myös laminaattien kuivumisolosuhteet sattuiivat olevan täysin samat kummankin työn aikana.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Materiaalien suhteen ei näiden kahden työn välillä ollut eroa, vaan molemmissa tilanteissa materiaalien paksuudet ja kauppanimet ovat olleet samat.

Kone: 1151 Rotomec, syväpaino ja kaksikerroslaminaattori

Kirkas akryylikäsitelty polyetyleenitereftalaatti/ metalloitu polyetyleenitereftalaatti= PET2/MPET

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Nauhoja avattaessa on havaittavissa sekä metalloinnin että painoväriin siirtymistä kerroksesta toiseen. Siirtyminen on tapahtunut väriin osalta sekä kokonaan että osittain ja metalloinnin osalta kokonaan. Kerrosten siirtymistä esiintyy kaikissa seurantajaksolle osuneissa rakenne- ja väriyhdistelmissä. Mittaustilanteessa poikki-tuloksien yhteydessä on havaittavissa sekä nopeaa repeytymistä poikki että sauman avattaessa vähitellen tapahtuvaa repeytymistä. Repeytyessä ilmenee väriin ja metalloinnin siirtymistä. Hieman yli puolet mitatuista tapauksista oli poikki-tuloksia

Laminointilujuus painoväriin suhteen

PET/MPET-rakenteen omaavia töitä osui seurantajaksolle mustan, keltaisen ja vihreän eri sävyinä painoväriin osalta. Mustan väriin omaavien nauhojen laminointilujuus vaihtelee poikki-tulosten ja keskiarvotulosten osalta välillä 3,9 - 1,0 N/15 mm. Tasan puolet on poikki-tuloksia ja puolet keskiarvotuloksia. Keltaisen väriin yhteydessä esiintyy keskiarvotuloksia ja vihreiden yhteydessä pääasiassa poikki-tuloksia. Selkeää eroa ei eri painovärien laminointilujuuksissa ei ole.

Mielenkiintoista on huomata saman ajon kahden eri värisen position välillä ero tuloksissa, joista keltaisen laminointilujuus on laskenut hieman alle 2,0 *N/15 mm*:iin ja väri siirtyy, kun taas mustan yhteydessä on saatu selkeä poikki-tulos. Ainoana erona on painoväri.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Käytettyjä rakenteita on kaksi, mutta selkeää eroa ei voida havaita tuloksien välillä. Materiaalintoimittajat ovat samat, eikä eroa eri toimittajien suhteen voi siis vertailla.

Kosteus on vaihdellut suuresti kuivumisen aikana (35-51%) eri töiden välillä. Tuloksiin se ei kuitenkaan ole selkeästi aiheuttanut muutosta. Ajokosteudessa vuorokauden aikana on ollut melko suuret vaihtelut, n. 20% erot, ja ehkä hieman useammin näiden erojen aikana ajetuissa töissä on saatu keskiarvoa vastaavat tulokset.

Kirkas akrylikäsitelty polyetyleenitereftalaatti/ metalloitu, orientoitu polypropeeni= PET2/y925

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Mittausten yhteydessä on saatu muutama poikki-tulos ja suurimmaksi osaksi keskiarvotuloksia, joiden yhteydessä on ilmennyt metalloinnin siirtymistä kokonaan materiaalista toiseen laminointiliiman mukana.

Laminointilujuus painovärin suhteen

Painoväri, jota töissä on käytetty, on valkoinen. Laminointilujuudet olivat 2,0-0,8 *N/15 mm*, osa oli poikki-tuloksia. Vaihtelua siis löytyi saman työn sisällä, vaikka mitattavan kohdan väri oli valkoinen jokaisessa positiossa. Erojen syynä voi olla eri positio, jossa valkoisessa mittauskohdassa on lisäksi ohuina raitoina muutakin väriä (kulta), jolla yleensä on hieman muita värejä alempi laminointilujuus.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Kaikissa töissä on käytetty saman kauppanimen alaisia materiaaleja, joten eroja ei voi tulkita tämän osalta.

Mahdollinen syy poikki-tulosten ja keskiarvojen välillä voi olla laadunvalvonnan ilmankosteuden vaihtelu 38:sta 55:een % lämpötilan pysyessä samana (23 °C).

Kirkas akryylikäsitelty polyetyleenitereftalaatti/ valkoinen polyeteeni-eVOH-polyeteeni, antiblokkausaine, antistaattiaaine= PET2/yj03

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Mittausten yhteydessä havaittu yli puolissa tapauksista painoväriin siirtymistä kokonaan materiaalista toiseen avauksen aikana. Tapaukset, joissa ei siirry painoväriä, ovat poikki-tuloksia.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Käytettyjä painovärejä ovat olleet vihreän eri sävyt, hopea, punainen, ruskea ja musta. Tulokset ovat vaihdelleet väristä riippumatta siten, että saman värin ja rakenteen omaavista mittauksista on saatu sekä poikki- että keskiarvotuloksia. Ne joille on saatu keskiarvotulos, ilmenee myös värin kokonaan siirtymistä. Matalin keskiarvotulos on saatu käytettäessä hopeista painoväriä. Poikki-tuloksia ei löydy tämän värin yhteydessä. Korkeimmat keskiarvotulokset on saatu mustan ja vihreän värin yhteydessä (4,0-3,3 N/15 mm), osa oli poikki-tuloksia.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Lähes kaikissa töissä on käytetty saman kauppanimen alaisia materiaaleja muutamaa poikkeusta lukuunottamatta. Selkeää eroa ei kuitenkaan voi nähdä eri materiaalien välillä. Yhdessä työssä on myös käytetty hieman ohuempaa polyeteenikalvoa, mutta se ei tuloksiltaan eroa muista töistä.

Ne työt, joiden ajon aikana ilmankosteus on ollut yli 50 rh-%, ovat keskimäärin useammin sellaisia, joista on saatu keskiarvotuloksia.

Orientoitu polypropeeni, toinen puoli koronakäsitelty/ kirkas koronakäsitelty polyetyleenitereftalaattikalvo= OPP1/PET1

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Värin siirtymistä tapahtui kerrosten avaamisen yhteydessä puolella avatuista näytteistä. Painoväri siirtyi kokonaisuudessaan materiaalista toiseen. Näytteistä, joissa väriä siirtyi, saatiin melko alhaisia laminointilujuuksia, 1,5 – 0,5 N/15mm, verrattuna siihen, että näytteet, joissa värin siirtymistä ei tapahtunut, menivät mitattaessa poikki.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Kaikissa näytteissä painoväri on ollut sininen, mutta sävyeroja löytyy. Näytteet, joiden väri on ollut niin sanotusti violettiin taittava sininen, laminointilujuustulokset ovat kaikki poikki-tuloksia. Ne näytteet, jotka ovat painoväriin sävyltään harmahtavan sinisiä, ovat keskiarvotuloksia.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Kaikissa tämän materiaaliyhdistelmän töissä on sama rakenne, eikä materiaalin toimittajissa ole poikkeuksia, vaan kaikki ovat saman kaupanimen alaisia.

Orientoitu polypropeeni, toinen puoli koronakäsitelty/ metalloitu polyetyleenitereftalaatti= OPP1/MPET

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Nauhaa mitattaessa toisessa työssä sauman avaamisen yhteydessä painoväri siirtyy kokonaan puolelta toiselle laminointiliiman mukana. Toisen työn osalta ei tapahdu painoväriin tai metalloinnin siirtymistä.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Seurantajakson töihin käytetyt painovärit ovat vaaleanruskea ja sininen. Erona on sinisen väriin yhteydessä tapahtuva väriin siirtyminen ja korkeammat laminointilujuustulokset. Sinisen tulokset 2,1 ja 2,0 N/15mm ja ruskean 1,1 ja 1,1 N/15mm.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Kummassakin työssä on käytetty eri kaupanimen alaista polypropeenä, joka voi olla osasy syy eroihin laminointilujuuden vaihtelussa.

Orientoitu polypropeenä, toinen puoli koronakäsitelty/ orientoitu polypropeenä, toinen puoli koronakäsitelty= OPP1/OPP1

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Laminointilujuutta mitattaessa esiintyi kaikissa seurantajaksolle osuneissa töissä painoväri siirtymistä materiaalista toiseen. Siirtyminen tapahtui kokonaan kaikissa tapauksissa ja tulokset ovat olleet poikki-tuloksia kerrosten ensin hieman avauduttua ja lopulta repeytyen poikki.

Laminointilujuus painoväri suhteen

Kaikissa tämän materiaaliyhdistelmän töissä painoväri on ollut sävyiltään sama sininen, joten eri värien vaikutuksen suhteen ei voi arvioida vaikutusta laminointilujuuden suuruuteen tai sauman käyttäytymiseen.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Kaikki tämän materiaaliyhdistelmän omaavat työt on ajettu samalla rakenteella ja samojen toimittajien materiaaleilla. Eroja laminointilujuuden suuruudessa ei siis tämän suhteen pysty määrittämään

Polypropeenä/ vaahdotettu polypropeenä= PPP2/VPP1

Sauman käyttäytyminen avattaessa

Väri siirtymistä ilmeni 16:sta seurantajaksolle osuneissa töissä. Väri siirtyminen tapahtui avattaessa kokonaan, eli väri siirtyi yhtenäisenä materiaalista toiseen. Vain kolmessa tapauksessa 22:sta nauha meni poikki avattaessa. Kaksi kolmesta poikki-tuloksista repeytyi heti poikki ja kolmas vasta mittauksen loppupuolella, jolloin myös painoväri ehti siirtyä. Väri siirtymistä on tapahtunut vaaleampien painovärien yhteydessä, kun taas tummanruskean ja mustan yhteydessä tätä ei ole tapahtunut.

Laminointilujuus painoväriin suhteen

Painovärien osalta mitatuiksi päätyivät musta, ruskea, kultainen ja tummansininen, joista kaiken kaikkiaan hyvin matalien tulosten korkeimmat tulokset saatiin mustan ja ruskean värin osalta. Tulokset vaihtelivat välillä 0,6-0,3 *N/15 mm* ja mukana oli myös muutama poikki-tulos. Mustan värin osalta molemmat mitatut nauhat menivät poikki. Kultaisen ja sinisen värin osalta tulokset pysyivät tasaisesti tasolla 0,3 *N/15 mm*.

Laminointilujuus materiaalin suhteen

Tämän materiaaliparin yhteydessä työt on tehty kahdella eri rakenteella, joiden tuloksissa ei ole selkeää eroa. Ainoana erona voisi tulkita olevan kultaisen, sinisen ja mustan työn välillä, joilla sama rakennenumero, eli kullan ja sinisen selkeästi heikommät tulokset laminointilujuudessa vrt. 0,3 *N/15 mm* ja poikki-tulokset.

Olosuhteet ovat pysyneet laadunvalvonnassa tasaisina viiden vuorokauden kuivumisen ajan. Sama pätee myös tuotannon ajolämpötilaan. Ilmankosteudessa tästä poiketen on tapahtunut muutosta 10% verran ja tälle ajanjaksolle sijoittuu myös vaihtelua laminointilujuudessa, kun käytössä oli ruskea väri.

8 PÄÄTELMÄT

Tulosten tulkinnasta voitiin havaita eroja eri materiaaliyhdistelmien välillä sekä painovärien että eri materiaalitoimittajien ja muovilaatujen välillä. Tuloksista jätettiin pois sellaiset materiaaliyhdistelmät, joiden osalta koettiin kerätyn datan määrän olevan liian suppea tarkempaa vertailua varten. Tulokset kuitenkin löytyvät tulostaulukosta, mikäli päädytään uusimaan samanlaista seurantaan tulevaisuudessa.

Selkeimmät erot olivat havaittavissa painovärien suhteen. Erot vaihtelevat sekä saman työn että samalla rakenteella ajetuissa eri työnumeron töissä. Lämpötilan ja kosteuden vaikutus näyttäisi olevan melko pienessä roolissa katsottaessa tuloksia kokonaisuutena. Raju vaihtelu ilmankosteudessa näyttäisi kuitenkin olevan merkityksellisempi yksittäinen elementti olosuhteiden vaikutusta vertaillessa.

Mahdollisia laminointilujuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat painovärien sisältämien pigmenttien muoto, määrä ja koko, jotka vaihtelevat eri värisävyjen välillä. Epätasainen painovärien pinta taas voi aiheuttaa laminointiliiman epätasaista levittymistä painetulle pinnalle, jolloin väliin voi jäädä ilmaa heikentämään laminointilujuutta. Kun painovärien pinnanmuodot ja värikerroksen paksuus (esim. useampi väri päällekkäin eri kohdissa) vaihtelevat, mutta laminointiliiman viskositeetti pysyy suurin piirtein samalla tasolla ajon aikana, voi liiman leviäminen olla riittämätöntä.

Painetun materiaalin käsittelyn tasaisuus voi vaikuttaa laminointilujuuteen. Mikäli painoväri ei ole kiinnittynyt riittävästi painettavaan materiaaliin, voi laminointilujuutta mitattaessa painoväri siirtyä laminointiliiman mukana kokonaan ja laminointilujuus jää liian heikoksi kerrosten auetessa väärästä välistä. Lisäksi eri materiaalitoimittajien materiaaleilla ja käsittelymenetelmillä voi olla eroja, jotka vaikuttavat laminointilujuuseroihin eri toimittajien välillä.

Laminointilujuuseroihin vaikuttaa myös osaltaan konehenkilökunta ja heidän yksilölliset toimintatapansa.

Kolme kuukautta kestänyt seurantajakso antoi suuntaa antavat viitteet materiaalien käyttäytymisestä, mutta pidemmällä aikavälillä järjestetyn seurannan avulla olisi mahdollisuus tarkastella useamman materiaaliyhdistelmän käyttäytymistä datan lisääntyessä ja saisi käsityksen vuodenaikojen aiheuttamien kosteus- ja lämpötila erojen vaikutuksesta laminointilujuuteen.

LÄHTEET

- 1 <http://www.metalprint.com.au/assets/partners.html>
- 2 http://www.tyoturva.fi/files/3081/Turku_26.4_Amcor_Kauttua.pdf
- 3 Amcor Flexibles Kauttua esittely
- 4 Loa Karjalainen, Tuula Ramsland, Pakkaus –Pakkausalan perusoppikirja, PTR Pakkausteknologiaryhmä R.Y.
- 5 Terhen Järvi-Kääriäinen, Margareetta Ollila, Toimiva pakkaus, Pakkausteknologia-PTR 2007
- 6 <http://fi.wikipedia.org/wiki/Pakkaus>
- 7 http://www.pakkaus.com/files/5914/0291/5452/SPY_pakkauksen_rooli.pdf
- 8 Pakkausalan peruskurssi 74, Yhdistelmämaterialit, AF Kauttua
- 9 Muovit elintarviketeollisuuden käytössä, Julkaisu 33-68, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 1968
- 10 <http://217.149.61.190/suhone/amcor3.phtml>
- 11 Prosessit, koneet, raaka-aineet ja sanasto-Amcor flexibles
Kauttua=koneraamattu
- 12 <http://www.muoviteollisuus.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=12&tag=222>
- 13 <http://media.tkk.fi/vt/julkaisut/diplomityot/603.html>
- 14 <http://en.wikipedia.org/wiki/Rotogravure>
- 15 Facts about flexible packaging materials, Amcor Flexibles Europe
- 16 <http://www.era.eu.org/index2.html>
- 17 http://en.wikipedia.org/wiki/Rotogravure#mediaviewer/File:Rotogravure_PrintUnit.svg

18 <http://www.gaa.org/what-is-gravure>

19 VTT, Printing techniques, painettavan elektroniikan jatkokurssi-15.11.2011, Dr. Jukka Hast, Principal Scientist, Team leader, Adjunct Professor VTT Technical Research Center of Finland

20 <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/maalit/varipig.htm>

21 Amcor Flexibles, Laatuopastajat, Raaka-ainekoulutus 20.5.2005

22 D.E. Bisset, C. Goodacre, H.A. Idle, Dr R.H. Leach and C.H. Williams, The printing ink manual, Third edition, Northwood Books

23 http://en.wikipedia.org/wiki/Adhesive#Multi-part_adhesives

24 Technical information Liofol UR 3966-21/Hardener LA 6074-21

25 Henkel (EY) N:o 1907/2006-ISO 11014-1 mukainen
käyttöturvallisuustiedote- Liofol UR 3966-21

26 <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/liimat/toiminta.htm>

27 http://www.muoviteollisuus.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/

28 http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/ke/ke4/5_bio-_ja_synteettiset_polymeerit_seka_komposiitit/5.2_synteettisenpolymeerit?C:D=hNle.hnjg&m:selres=hNle.hnjg

29 <http://www.inkubio.fi/sites/default/files/pdf/prujut/pote-tiivistelma.pdf>

30 http://www.edu.helsinki.fi/astelope/aineiden_ominaisuudet/luonnon_polymeereja.htm

31 http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf

32 <https://peda.net/oppimateriaalit/eoppi/ylakoulu/kemia/oppikirja/III/12/hag/etee-ni:file/download/a40ca07076a7527a20ce535c297659a5938174bd/eteeni.png>

33 <http://fi.wikipedia.org/wiki/Polyeteeni#mediaviewer/Tiedosto:Polyethylene-repeat-2D.png>

34 <http://www.muoviteollisuus.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16&tag=93>

35 http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FI.pdf

36 http://fi.wikipedia.org/wiki/Polyetyleenitereftalaatti#mediaviewer/Tiedosto:Polyethylene_terephthalate.png

37 http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PA_FI.pdf

38 <http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/1996/pdf/6812x2287.pdf>

39 <http://www.dupont.com/products-and-services/plastics-polymers-resins/ethylene-copolymers/brands/surlyn-ionomer-resin.html>

40 Amcor Flexibles, Pakkausmateriaalien ominaisuudet ja vaatimukset, TTY 5.10.2011, Hanna Rajala, Product Development Engineer

41 <http://pslc.ws/macrog/exp/rubber/sepisode/tpe.htm>

42 <http://fi.wikipedia.org/wiki/Sellofaani>

43 <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/metal-forming-2/rolling.php>

44 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7504/Opinnaytetyo_Antti%20Kopola.pdf?sequence=1

45 Tampereen teknillinen yliopisto, konetekniikan osasto, Johanna livonen, Liuotinvapaan kuivalaminoinnin adheesiomekanismit, Diplomityö 2006

46 <http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/158/222/>

47 Amcor testiohjekansio-Laminointilujuus 5vrk

